

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Hodnocení přesnosti měření okamžité
rychlosti osobních automobilů

Evaluation of Automobile
Actual Velocity Measuring

Student:

Bc. Václav KOLÁŘ

Vedoucí diplomové práce:

Ing. et Ing. Michal Richtář, ING – PAED IGIP

OSTRAVA 2011

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě,

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst.3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce.
- souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě,

.....

podpis

Bc. Václav Kolář

Jedlí 34

789 01 Zábřeh

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KOLÁŘ V. *Hodnocení přesnosti měření okamžité rychlosti osobních automobilů.*
Ostrava: Institut dopravy,
Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2011,
Diplomová práce (90 s.), vedoucí: Richtář, M.

V první části této práce je cílem seznámit se s problematikou zobrazení okamžité rychlosti v osobních automobilech a odkázat na legislativu upravující tuto problematiku. Následuje popis válcové zkušební stanice funkcí a výkonu, na které byla provedena vlastní experimentální měření okamžitých rychlostí vybraných osobních automobilů. Dalším krokem bylo sestavení metodiky zkoušek a popis postupu měření okamžité rychlosti. Výsledky získané měřením jsou statisticky vyhodnoceny a zobrazeny v grafech a tabulkách. Na závěr jsou shrnuty poznatky získané tímto měřením a výsledné odchylky rychlostí indikovaných na ukazatelích okamžité rychlosti jsou porovnány s rychlostmi skutečnými.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

KOLÁŘ V. *Evaluation of Automobile Actual Velocity Measuring*
Ostrava: Institute of Transport,
Faculty of Mechanical Engineering VŠB
– Technical University of Ostrava, 2011,
Master Thesis (90 p.), supervisor: Richtář, M.

In the first part of this thesis, the objective is to introduce the problem of automobile actual velocity measuring scheme and to refer to legislation governing this matter. The following is a description of the rotating wheel speed measuring unit's functions and performance. To gather this data, the author's own experimental measurements concerning the instantaneous velocity of selected cars were carried out. As the next step, the methodology of test procedures and a description of the measurement of instantaneous velocity were set up. The results obtained by the measurements are statistically evaluated and presented in graphs and tables. At the end, the findings obtained by measurements are summarized and the resulting variations in the speed indicator indicating instantaneous velocity are compared to the actual velocity.

OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	5
1. ÚVOD	8
1.1. Historie	8
1.2. Legislativa	9
2. PROBLEMATIKA MĚŘENÍ OKAMŽITÉ RYCHLOSTI	12
2.1. Válcová zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000	12
2.1.1. Popis válcové zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000	13
2.1.2. Komunikační pult s barevnou obrazovkou a klávesnicí	14
2.1.3. Tiskárna	15
2.1.4. Box rozhraní	16
2.1.5. Sada válců	18
2.1.6. Dálkové ovládání	20
2.1.7. Ventilátor pro studený vzduch	21
2.2. Další vhodné nástroje pro měření okamžité rychlosti	22
3. SESTAVENÍ METODIKY ZKOUŠEK	23
3.1. Příprava na měření – sestavení sady automobilů	23
3.2. Příprava vozidla, kontrola a upevnění	25
3.3. Postup měření	27
4. STATISTICKÉ NÁSTROJE PRO VYHODNOCENÍ	31
4.1. Analýza rozptylu - ANOVA	31
4.2. Testovací kritérium F-poměr	34
4.3. Analýza rozptylu – výpočet pro rychlost 80 km·h ⁻¹	34

5. EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ	40
5.1. Vyhodnocení odchylek pro jednotlivé automobily	41
5.2. Výpočet hodnot pro měřené automobily	45
5.2.1. Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo I)	46
5.2.2. Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo II)	49
5.2.3. Peugeot 307 1.6i 16V	52
5.2.4. Peugeot 207 1.4i 8V	55
5.2.5. Peugeot 307 1.6 SW HDi	58
5.2.6. Peugeot 807 2.0 HDi	61
5.2.7. Peugeot 207 1.4 HDi	64
5.2.8. Citroën C4 1.6 16V	67
5.2.9. Kia Venga	70
5.3. Porovnání hodnot získaných měření	73
5.4. Zhodnocení výsledných odchylek a doporučení	85
6. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ	87
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	88
INTERNETOVÉ ZDROJE INFORMACÍ K TÉMATU PRÁCE	89
SEZNAM PŘÍLOH	90

SEZNAM POUŽITÝCH NÁZVOSLOVÍ, SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABS	protiblokovací systém brzd (Anti-lock Brake System)
ČR	Česká republika
DMI	dolní mez intervalu
EHK	zkratka předpisu (Evropská Hospodářská Komise - orgán podřízený Ekonomické a sociální radě OSN)
EHS	zkratka směrnice (Evropské Hospodářské Společenství – mezinárodní společenství 1958-1993, vytvořené za účelem ekonomické integrace)
H_0	nulová hypotéza
H_A	alternativní hypotéza
HMI	horní mez intervalu
k	počet výběrů (skupin)[-]
kap.	kapitola
M	největší hodnota měřicího rozsahu
MS_b	průměrný čtverec mezi skupinami (rozptyl mezi skupinami)
MS_e	průměrný čtverec uvnitř skupin (reziduální rozptyl)
n	počet pozorování [-]
N	celkový počet pozorování [-]
obr.	obrázek
SS_b	mezitřídní součet čtverců (Sum of Squares B etween groups)
SS_e	vnitřní (reziduální) součet čtverců (Sum of Squares - e rros)
tab.	tabulka
TP	třída přesnosti [-]
u_A	standardní nejistota typu A
u_B	standardní nejistota typu B
u_C	kombinovaná standardní nejistota
\bar{V}	aritmetický průměr [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]
V_1	rychlost udávanou na číselníku rychloměru [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]
V_2	rychlost skutečná [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]
V_i	i-tá rychlost vozidla V [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]
V_{\max}	maximální rychlost [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]
x_{krit}	kritická hodnota [-]
x_{obs}	pozorovaná hodnota [-]
μ	střední hodnota
σ^2	rozptyl
$\sigma(\bar{V})$	rozptyl aritmetického průměru [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]

1. Úvod

Každý měsíc je v průměru v České republice usmrceno následkem dopravních nehod¹ na 70 – 80 osob. „Z celkového počtu osob usmrcených při nehodách zaviněných řidiči motorových vozidel připadá bezmála 50% na hlavní příčinu nepřiměřená rychlost jízdy.“² Z této informace však nelze vyvodit, že by na tuto skutečnost měla hlavní vliv nepřesnost ukazatelů okamžité rychlosti. Přesto ukazatel okamžité rychlosti hraje významnou roli z hlediska bezpečnosti silničního provozu, protože je ve většině osobních vozidel jediným přístrojem, ze kterého řidič vozidla získává informaci o okamžité rychlosti, kterou se jeho vozidlo pohybuje. Každého řidiče osobního automobilu informuje o jeho okamžité rychlosti rychloměr, který bývá obvykle sdružený s počítadlem ujetých kilometrů. V České republice bývá rychloměr označován slovem tachometr. V zahraniční literatuře se však pod tímto pojmem setkáme spíše s otáčkoměrem.

1.1. Historie

„Slovo tachometr vzniklo spojením řeckých slov „tachos“, což znamená rychlost, a slovesa „metron“ měřit. První mechanický tachometr sestrojil v roce 1817 německý inženýr Diedrich Uhlhorn. Od roku 1840 byl tento tachometr používán pro měření rychlosti lokomotiv. Tachometr je tedy zařízení primárně sloužící k měření otáček. Obvykle zobrazuje počet otáček na jednotku času, např. otáčky za sekundu. Z počtu otáček pak lze odvodit rychlost vozidla. V současné době existují tachometry analogové nebo digitální. U mechanického tachometru je náhon veden přímo z převodovky pomocí bowdenu³ s rotující ocelovou strunou do budíku tachometru.“⁴

„Tachometr, který byl později montován do automobilů, sestrojil v roce 1888 chorvatský profesor Josip Belušić a v tehdejším Rakousko-Uhersku byl patentován pod

¹ Dopravní nehodu ve vztahu k provozu na pozemních komunikacích definuje ustanovení § 47 odst. 1 zákona č. 361/2000 Sb., zákon o silničním provozu, takto: „Dopravní nehoda je událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu.“

² <http://www.mvcr.cz/clanek/dopravni-nehody-statistiky.aspx> - přístup 23.2.2011

³ **Bowdenův kabel**, zkráceně **bowden** je speciální druh kabelu, který umožňuje přenos mechanické síly a energie. Vynalezl jej Frank Bowden, výrobce bicyklů.

Zdroj: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bowden> - přístup 23.2.2001

⁴ <http://cs.autolexicon.net/articles/tachometr> - přístup 23.2.2011

názvem velocimetr. Tato dnes běžná součást výbavy motorových vozidel začala být do automobilů na přání montována počátkem 20. století a do standardní výbavy byla zařazena po roce 1910. Až do 80. let minulého století se v automobilech používal klasický přístroj s mechanickým převodem, poté se objevily i přístroje elektronické.“⁵

U novějších vozidel tedy není náhon tachometru veden bowdenem z převodovky, ale skutečná hodnota rychlosti jízdy se vypočítává ze signálů, které dodávají snímače otáček kol systému ABS.



Obr. 1.1: Analogový tachometr sdružený s počítadlem ujetých kilometrů

1.2. Legislativa⁶

V současných právních předpisech ČR se pro schvalování typu vozidel, jejich systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků podle mezinárodních technických předpisů užívá výrazu homologace. Problematikou zařízení informujících řidiče silničního vozidla o jeho rychlosti se zabývá směrnice EHS (75/0443) ze dne 26. června 1975 o sbližování právních předpisů členských států týkajících se zpětného chodu a

⁵ <http://cs.wikipedia.org/wiki/Tachometr> - přístup 23.2.2011

⁶ evropská směrnice 75/443/EHS * poslední úprava (97/39/ES); předpis EHK/OSN č. 39

rychloměrného zařízení motorových vozidel. Poslední změny, které byly v této problematice provedeny, jsou upraveny ve směrnici 97/39ES s účinností od 1. října 1997.

Tato směrnice nám říká, že pro účely této směrnice se „vozidlem“ rozumí jakékoli motorové vozidlo určené k používání na silnici, s karoserií nebo bez ní, které má alespoň čtyři kola a nejvyšší konstrukční rychlost přesahující $25 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, s výjimkou kolejových vozidel, zemědělských a lesnických traktorů a všech pojízdných strojů.

Vozidlo se zkouší v rychlostech: $40, 80$ a $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ nebo 80% maximální rychlosti specifikované výrobcem, je-li maximální rychlost nižší než $150 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Zkušební přístroje použité k měření skutečné rychlosti vozidla musí mít přesnost $\pm 10 \%$. Indikovaná rychlost nesmí být nikdy nižší než skutečná rychlost. Musí platit vztah mezi rychlostí udávanou na číselníku rychloměru (V_1) a skutečnou rychlostí (V_2):⁷

$$0 \leq v_1 - v_2 \leq \frac{v_2}{10} + 4 \text{ km/h} \quad (1.2.1)$$

Další úpravu problematiky nalezneme v předpisu EHK/OSN č. 39, který řeší jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska jejich vybavení rychloměrem včetně jeho montáže. Tento předpis nám specifikuje podmínky zkoušek v odstavci 5.2.5, kde popisuje, že vozidla se zkouší v rychlostech dle následující tabulky 1.2:

Tab. 1.2: Rychlosti, při kterých probíhá zkoušení vozidel:⁸

Maximální konstrukční rychlost vozidla (v_{\max}) určená výrobcem vozidla (km/h)	Zkušební rychlost (v_1) (km/h)
$V_{\max} \leq 45$	$80 \% V_{\max}$
$45 < V_{\max} \leq 100$	40 km/h a $80 \% V_{\max}$ (je-li výsledná rychlost $\geq 55 \text{ km/h}$)
$100 < V_{\max} \leq 150$	40 km/h , 80 km/h a $80 \% V_{\max}$ (je-li výsledná rychlost $\geq 100 \text{ km/h}$)
$150 < V_{\max}$	40 km/h , 80 km/h a 120 km/h

⁷ evropská směrnice 75/443/EHS * poslední úprava (97/39/ES)

Poznámka: Závěrečná zpráva skupiny Cars21 (která připravuje zjednodušení schvalovacích postupů silničních vozidel a traktorů) navrhuje zrušení této směrnice v blízké budoucnosti a její nahrazení předpisem EHK č. 39. Dle nařízení 661/2009 dojde ke zrušení této směrnice od 1.11.2014. Po tomto datu bude problematiku rychloměru upravovat výše zmíněný předpis EHK č. 39.

⁸ předpis EHK/OSN č. 39 odstavec 5.2.5.

Další specifikace, za kterých mohou být prováděny zkoušky, jsou uvedeny v odstavcích 5.2.6 a dále 5.2.6.1 a 5.2.6.2 a říkají nám, že: „Přesnost zkoušecího zařízení, používaného k měření skutečné rychlosti, musí být $\pm 0,5 \%$. Povrch zkušební trati musí být v době použití rovný a suchý a musí zajišťovat dostatečnou adhezi. Použije-li se pro zkoušku válcový dynamometr, průměr válce by měl být nejméně 0,4 m.“⁹ Odstavec 5.3. uvádí následující vztah 1.2.2: „Indikovaná rychlost nesmí být menší než skutečná rychlost vozidla. Při rychlostech stanovených pro zkoušku dle výše uvedeného odstavce 5.2.5. musí být mezi zobrazenou rychlostí na číselníku rychloměru (V_1) a skutečnou rychlostí (V_2) následující vztah:

$$0 = (V_1 - V_2) = 0,1 V_2 + 4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} \quad (1.2.2)$$

Z uvedených legislativních požadavků vyplývá, že plánované zrušení směrnice 75/443/EHS má své opodstatnění a ujednacení podmínek by značně zpřehlednilo současnou situaci v oblasti upravující ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska jejich vybavení rychloměrem. Zejména pak požadavek na přesnost zkoušecího zařízení je v obou případech velmi nejednotný. Dále pak lze pozorovat odlišnost ve vztazích udávající skutečnost, která má platit mezi rychlostí zobrazenou na ukazateli okamžité rychlosti (V_1) a skutečnou rychlostí (V_2). V tomto případě by bylo na místě sjednat nápravu ve vztahu 1.2.2, kdy znaménka „=“ by bylo vhodné nahradit znaménky „ \leq “ po vzoru vztahu 1.2.1.

⁹ předpis EHK/OSN č. 39

2. Problematika měření okamžité rychlosti

K měření jako takovému je možno užít nejrůznějších přístrojů či metod. Nejpresnějším řešením by bezesporu bylo, kdyby vozidlo mělo za úkol ujet určitou dráhu konstantní rychlostí a měřením času a následným výpočtem by byla získána rychlost. Čím delší by tato dráha byla, tím přesnější by byla výsledná rychlost. V praxi by však tato metoda byla obtížně realizovatelná a v konečném důsledku zkreslená. Ke zjištění okamžité rychlosti je tedy nutno užít nejrůznějších pomocných přístrojů, které ovšem nejsou také zcela přesné a pracují s výrobcem udávanou odchylkou.

2.1. Válcová zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000¹⁰

Pro naše měření okamžité rychlosti bude využito válcové zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000 německé firmy MAHA Maschinenbau Haldenwang, která se nachází v Ostravě – Vítkovicích na Střední odborné škole dopravní (obr. 2.1). Tuto zkušebnu využívají jak studenti výše uvedené střední školy, tak studenti Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. Měření na válcové zkušebně je založeno na tom, že kola vozidla se odvalují po válcích, které nám představují vozovku a simulují tak jízdu vozidla.



Obr. 2.1: Umístění válcové zkušební stanice – Ostrava-Vítkovice¹¹

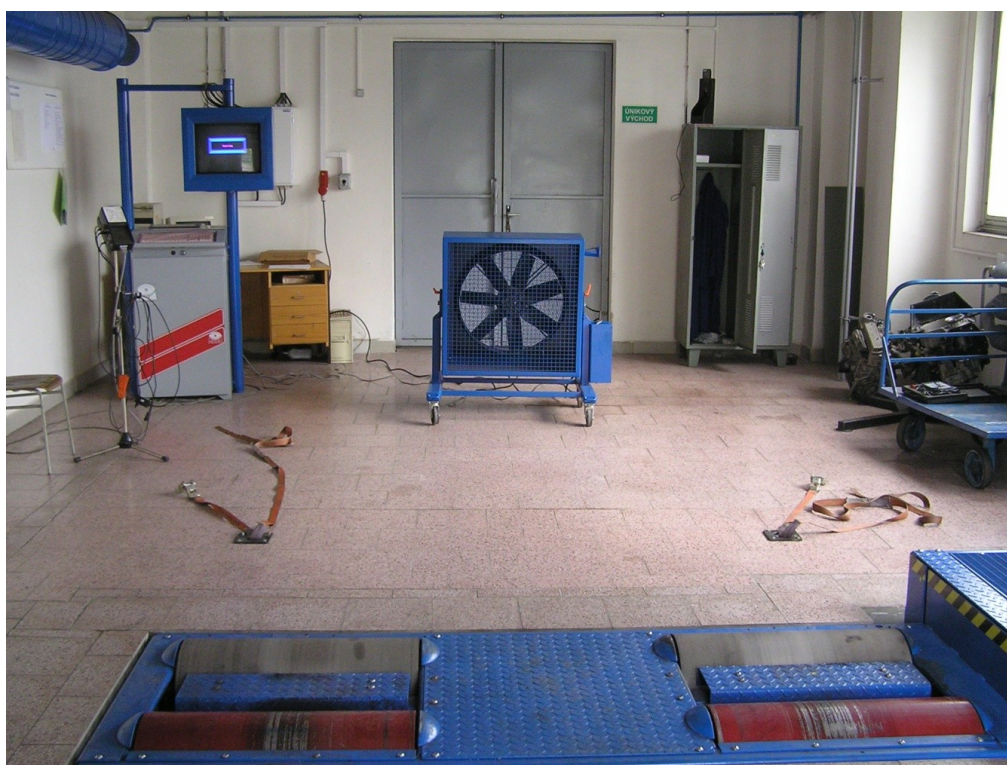
¹⁰ Návod k obsluze, *Válcová zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000*, MAHA Consulting s.r.o., 1.vyd., 1996, 64s

¹¹ internetový zdroj: www.mapy.cz – přístup 14.4.2011

2.1.1. Popis válcové zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000¹²

Válcová zkušební stanice LPS2000 se skládá z těchto hlavních částí:

- komunikační pult s barevnou obrazovkou a počítačovou klávesnicí
- dálkového ovládání
- sada válců
- ventilátoru na studený vzduch
- zařízení pro odsávání výfukových plynů
- tiskárna (CITIZEN SWIFT 200) – součást komunikačního pultu



Obr. 2.1.1: Válcová zkušební stanice funkcí a výkonu MAHA LPS 2000

Válcová zkušební stanice LPS 2000 je k dispozici v různých provedeních, které umožňují měřit výkony motocyklů, osobních vozidel a nákladních vozidel. Podle typu provedení je možno měřit výkony od 260 kW do 600 kW, přičemž maximální zkušební rychlost je 200 km·h⁻¹ až 260 km·h⁻¹. Pomocí elektromagnetické vířivé brzdy je pak realizována zátěžová simulace.

¹² Návod k obsluze, *Válcová zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000*, MAHA Consulting s.r.o., 1.vyd., 1996, 64s

Její přední výhodou je, že se jedná o stacionární měření. Této skutečnosti je dosaženo díky tomu, že „vozovku“ představují rotující válce, které tak simulují pohyb vozidla. Otáčí se tedy dvě hnací kola vozidla, každé na jedné dvojici válců. Na jeden z válců je pak napojena brzda, která má regulovatelný brzdící účinek. Pevná část brzdy je uložena výkyvně a otočná část je propojena s jedním z válců. K otáčení válců dojde, když je výkon, který dodává vozidlový motor, přenesen na kola vozidla a hnací síla se pak třením přenese na válce. Z obvodu válce a jeho otáček, pak počítač vyhodnocuje během pohybu válců získaná data, čímž následně dostáváme hodnoty okamžité rychlosti, které jsou zobrazovány na obrazovce připojené ke komunikačnímu pultu. Získané hodnoty pak dle potřeby obsluha ukládá do paměti počítače pomocí dálkového ovládání. Pro další práci a vyhodnocení lze tyto uložené hodnoty po skončení měření vytisknout na tiskárně CITIZEN SWIFT 200, která je součástí komunikačního pultu.

2.1.2. Komunikační pult s barevnou obrazovkou a klávesnicí

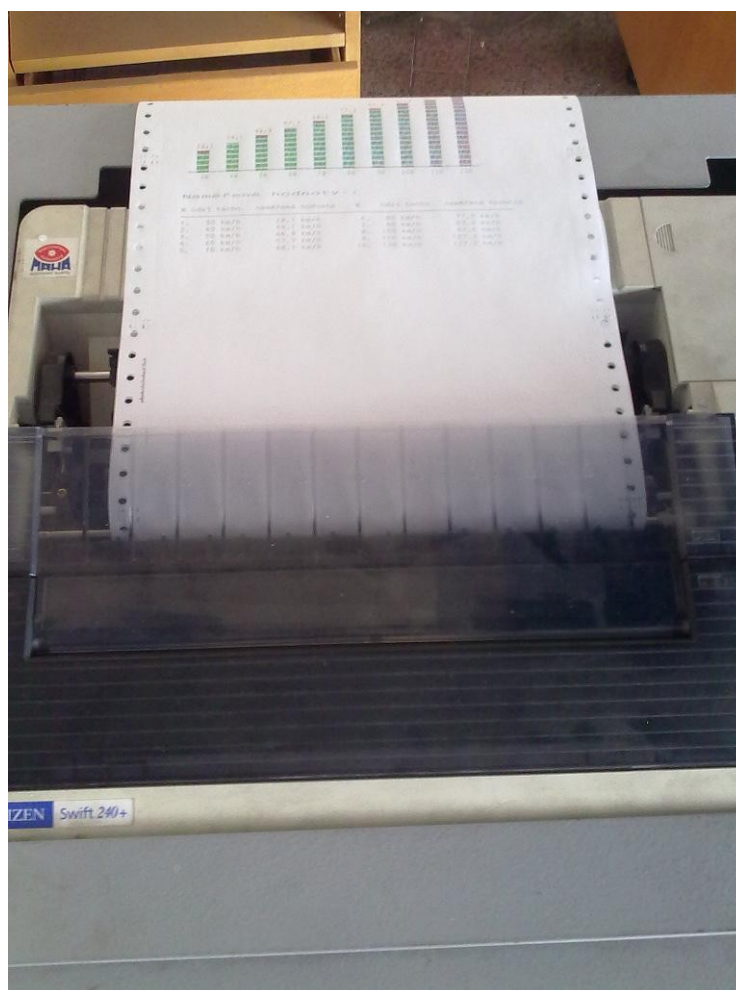
Na komunikační pult jsou napojeny vstupní zařízení, pomocí nichž získáváme měřená data, provádíme nastavení požadovaných parametrů měření a celkovou obsluhu válcové zkušební stanice funkcí a výkonu (obr. 2.1.2). Výsledky měření nám pak zobrazuje barevná obrazovka, kde jsou nejen výsledné hodnoty, ale i grafy a tabulky ve kterých jsou naměřená data přehledně zobrazena. V případě, že jsme s výsledky spokojeni, máme možnost dosažené výsledky vytisknout pomocí barevné tiskárny Citizen swift 200 (kap. 2.1.3), která je rovněž ke komunikačnímu pultu připojena (obr. 2.1.3).



Obr. 2.1.2: Komunikační pult

2.1.3. Tiskárna

Jedná se o výstupní zařízení, připojené ke komunikačnímu pultu, díky kterému máme možnost požadovaná data vytisknout na nekonečný papír formátu A4. Tento papír a jehličková technologie nám umožňuje tisk kopií za předpokladu použití papíru umožňující propis (obr. 2.1.3). Přesné typové označení tiskárny je Citizen swift 200+.



Obr. 2.1.3: Tisk protokolu na tiskárně Citizen swift 200+

2.1.4. Box rozhraní

Box rozhraní slouží k připojení pomocných externích přístrojů, díky nimž získáváme měřená data (obr. 2.1.4.1). Součástí boxu rozhraní je zabudovaný tlakoměr a teploměr, pomocí něhož získáváme informaci o nasávaném vzduchu do sání automobilu. Další čidlo, které se připojuje k boxu rozhraní, je čidlo teploty motorového oleje. Toto čidlo se umístí místo měrky oleje do motoru a tímto způsobem získáváme aktuální hodnoty teploty motorového oleje v motoru testovaného vozidla. Dále nám box umožňuje získávat otáčky motoru pomocí kleští spouštěcího obvodu. „Kleštěmi je snímán signál otáček na kabelu zapalování. Měly by být umístěny pokud možno nejbližší k zapalovací svíčce a pokud možno nejdále od nejbližšího kabelu zapalování. Kleště snímají signál vysokého

napětí, který je veden z rozdělovače k libovolnému válci. Impulsy jsou z kleští předávány do měřicího boxu a tam převáděny na signál počtu otáček.¹³



Obr. 2.1.4.1: Box rozhraní

V případě že nám uspořádání motorového prostoru neumožňuje přístup ke kabelu zapalování je zde možnost využít vibrační snímač otáček motoru (obr. 2.1.4.2), který se používá připojením indukčních kleští na tento přístroj. Do vibračního snímače otáček motoru se tyto informace přenáší pomocí vibrační sondy opatřené magnetem, kterou je nutno umístit na vhodné místo na motoru. Tento přístroj je napájen připojením na autobaterii ze sítě automobilu.

¹³ Návod k obsluze. *Válcová zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000*. s. 13



Obr. 2.1.4.2: Vibrační snímač otáček motoru

2.1.5. Sada válců

Pro měření různých vozidel se používá různých vyhotovení sad válců. Pro naše měření osobních automobilů bylo použito sady s označením R100/1, kterými je vybavena školní válcová zkušební stanice funkcí a výkonu (obr. 2.1.5). Sada válců je opatřena jednou elektromagnetickou brzdou a je určena pro měření osobních automobilů a lehkých nákladních vozidel o hmotnosti do 2,5 tuny a maximálním výkonu 260 kW. Maximální rychlost, kterou je na sadě válců R100/1 možno měřit činí $260 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Podrobnější technická data jsou uvedena v tabulce 2.1.5.



Obr. 2.1.5: Sada válců R100/1

Tab. 2.1.5: Technická data pro sadu válců R100/1¹⁴

Sada válců	R 100/1	Jednotky
Délka	3345	[mm]
Šířka	1100	[mm]
Výška	520	[mm]
Hmotnost včetně obalu	1400	[kg]
Zátěž os	2,5	[t]
Délka válců	750	[mm]
Stopa min.	800	[mm]
Stopa max.	2300	[mm]
Nejmenší měřitelné kolo	12“	
Průměr válců	318	[mm]
Odstup od válců	540	[mm]
Zdvíhací práh pneumatický	min. 0,8	[MPa]
Vířivá brzda	260	[kW]
Napojení na síť	230	[V]
Pojistka setrvačná	16	[A]
Rychlost měření	max. 260	[km.h ⁻¹]
Výkon kol	max. 260	[kW]
Hnací síla	max. 6	[kN]
Přesnost měření	±2%	

¹⁴ Návod k obsluze. *Válcová zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000*. s. 17

2.1.6. Dálkové ovládání

Dálkové ovládání je určeno k usnadnění obsluhy při ovládání funkcí, které chceme ovládat přímo z vozidla a to zejména během zkoušek (obr. 2.1.6). Dále je možno dálkovým ovládáním dávat pokyny pomocnému příslušenství, například spouštět a vypínat ventilátor. U některých zkoušek je toto ovládání nezbytně nutné a to hlavně z důvodu ukládání dat, která jsme naměřili a máme v úmyslu s nimi později pracovat. Také při našem měření okamžité rychlosti využíváme dálkového ovládání za účelem zaznamenání dat v okamžiku, kdy dosáhneme a po určitou dobu držíme ustálenou rychlost na požadované hodnotě (více v kap. 3.3). Dálkové ovládání využívá ke své funkci infračervených signálů, které vysílá do čidla. Toto čidlo se nachází na čelní straně komunikačního pultu.



Obr. 2.1.6: Dálkové ovládání

2.1.7. Ventilátor pro studený vzduch

Ventilátor je určen k zajištění přísunu vzduchu do přední části automobilu (obr. 2.1.7). Simuluje nám ochlazení, ke kterému by jinak docházelo při jízdě automobilu v běžném provozu a napomáhá tak chlazení motoru. Umisťuje se do vzdálenosti asi 1 metr před vozidlo. Je připojen ke komunikačnímu pultu, tudíž je možno jej ovládat i pomocí dálkového ovládání přímo z vozidla.



Obr. 2.1.7: Ventilátor pro studený vzduch

2.2. Další vhodné nástroje pro měření okamžité rychlosti

K měření okamžité rychlosti v silničním provozu jsou nejčastěji využívána radarová zařízení. Tato zařízení jsou nejčastěji využívána policejními složkami při dohledu nad provozem na pozemních komunikacích.

„Každý radar, který Policie ČR, vojenská policie nebo obecní policie k měření rychlosti vozidel používá, musí odpovídat zákonu č. 505/1990 Sb., o metrologii a jeho prováděcím vyhláškám. Radary musí mít platné typové schválení a každý jednotlivý kus musí být pravidelně kalibrován. Radary jsou v ČR schvalovány s jednotnou odchylkou $\pm 3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, pokud je zjištěná rychlost do $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, respektive $\pm 3 \%$ při rychlostech nad $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Tato odchylka není promítnuta do zobrazené rychlosti radaru, zohlednit ji musí sám policista nebo strážník.“¹⁵

Další možností, jak ověřit okamžitou rychlost vozidla je měření za pomoci přístroje využívajícího signálu z družic GPS¹⁶ (navigace, mobilní telefony, ...). „Rozvoj automobilových navigačních přístrojů začal roku 2000, kdy byla vypnuta úmyslně zaváděná chyba do systému GPS a přesnost určení polohy se zvýšila ze stovek metrů na desítky až jednotky metrů.“¹⁷ Užití této metody měření by si však vyžádalo pohyb vozidel v silničním provozu, který však byl značně omezen z důvodu zapůjčení vozidel od subjektů uvedených v kapitole 3.1

Naším požadavkům (měření neprobíhá v silničním provozu) nejlépe vyhovuje měření na válcové zkušební stanici funkcí a výkonu MAHA LPS 2000, která se nachází v Ostravě – Vítkovicích v areálu Střední školy dopravní v Ostravě.

¹⁵ http://www.autoklub.cz/acr/autoskoly/skoleni_ridicu/pdf/mereni_rychlost.pdf - přístup 7. 5. 2001

¹⁶ **Global Positioning System**, zkráceně **GPS**, je vojenský globální družicový polohový systém provozovaný Ministerstvem obrany Spojených států amerických, s jehož pomocí je možno určit polohu a přesný čas kdekoliv na Zemi nebo nad Zemí s přesností do deseti metrů. Přesnost GPS lze s použitím dalších metod ještě zvýšit až na jednotky centimetrů. Část služeb tohoto systému s omezenou přesností je volně k dispozici i civilním uživatelům. Na provoz GPS se ročně vynakládá přibližně 600 až 900 milionů (2006-2008) amerických dolarů z rozpočtu USA. zdroj: <http://cs.wikipedia.org/wiki/GPS> - přístup: 26. 4. 2011

¹⁷

http://cs.wikipedia.org/wiki/Automobilov%C3%BD_naviga%C4%8Dn%C3%AD_p%C5%99%C3%ADstroj – přístup: 15. 4. 2011

3. Sestavení metodiky zkoušek

„Metodika je obecně pracovní postup (metoda) nebo nauka o metodě.“¹⁸ Měření a následné vyhodnocení vykonaných zkoušek jsem prováděl tak, aby výsledky získané experimentálním měřením byly co nejméně zkreslené a ze získaných dat šlo zřetelně ukázat, jak se u konkrétních vozidel měnily odchylky skutečné rychlosti od rychlosti indikované na ukazateli okamžité rychlosti ve vozidle. Sestavil jsem vlastní metodiku měření a vyhodnocení výsledků získaných měřením na válcové zkušební stanici funkcí a výkonu MAHA LPS 2000, na které bylo provedeno měření. Jako podklad pro provedení měření posloužil návod k obsluze válcové zkušebny MAHA LPS 2000. Podrobnější popis jednotlivých částí zkušební stanice funkcí a výkonu je uveden v kapitole 2.1.1.

3.1. Příprava na měření – sestavení sady automobilů

Snahou bylo provést zkoušky s vozidly různých značek tak, aby se dala vyhodnotit přesnost ukazatelů okamžité rychlosti v daných vozidlech. Podařilo se sestavit skupinu devíti vozidel, u kterých budeme ověřovat přesnost měření.¹⁹ Tři vozidla užívaná k výuce zapůjčila Střední odborná škola dopravní a Střední odborné učiliště, Ostrava – Vítkovice:

- Hyundai i30 1.6 CVVT (I) – 1
- Hyundai i30 1.6 CVVT (II) – 2
- Kia Venga 1.6 CVVT – 9

Dalších 6 vozidel bylo zapůjčeno u AUTO TICHÝ s. r. o. v Ostravě Vítkovicích:

- Peugeot 307 1.6 16V – 3
- Peugeot 207 1.4 8V – 4
- Peugeot 307 sw 1.6 16V – 5
- Peugeot 807 2.0 HDi – 6
- Peugeot 207 1.4 HDi – 7
- Citroën C4 1.6 16V – 8

¹⁸ <http://cs.wikipedia.org/wiki/Metodika> - přístup 15. 4. 2011

¹⁹ Na konci celého názvu vozidla je uvedeno číslo, které nám udává pořadí, ve kterém probíhalo měření.

V tabulkách a grafech jsou vozidla označována čísly 1 až 9, číslováno vzestupně podle pořadí, jak probíhala jednotlivá měření po sobě. Při dalším zpracování naměřených dat jsou těmito čísly označovány hodnoty (sloupce), které odpovídají měřenému vozidlu. Snahou bylo získat data z co možná nejširší škály automobilů různých výrobců a následně tato získaná data porovnat a vyhodnotit. Všechna vozidla měla manuální stupňovou převodovku. Za zmínku stojí vozidlo Citroën C4 1.6 16V, které mělo jako jediné digitální ukazatel okamžité rychlosti (obr. 3.1.1). Můžeme tedy říci, že při provádění měření zde byla minimalizována nepřesnost odhadu rychlosti vinou chybného optického vjemu.



Obr. 3.1.1: Pohled na ukazatel okamžité rychlosti – Citroën C4 1.6 16V

U ostatních vozidel byl klasický ukazatel okamžité rychlosti (obr. 3.1.2). Při pohledu na něj pak může docházet ke špatnému posouzení stavu okamžité rychlosti a k drobným nepřesnostem, vlivem špatného úhlu pohledu a úsudku řidiče. Tato skutečnost je při pohledu na digitální ukazatel vyloučena.



Obr. 3.1.2: Pohled na ukazatel okamžité rychlosti z místa řidiče – Peugeot 307 1.6 16V

3.2. Příprava vozidla, kontrola a upevnění

Před samotným začátkem měření je nutno dodržet, aby vozidlo mělo suché a správně nahuštěné pneumatiky. Doporučuje se při měření nahuštit pneumatiky na horní mez udávanou výrobcem automobilu. Při nedodržení těchto podmínek by mohlo docházet ke zkreslení výsledných hodnot vlivem prokluzu na válcích. Dále musí být dodržen rozměr pneumatik, který je velmi důležitý pro výsledek měření rychlosti. Při nedodržení předepsaného rozměru pneumatik, který udává výrobce, by naše měření nemělo smysl, z důvodu zkreslení výsledných hodnot. Před samotným měřením je také nutno vypnout elektronické systémy, aby nebyly výsledky naší zkoušky těmito systémy ovlivněny. Jedná se především o stabilizační a protiprokluzový systém.

Po nájezdu na válce je nejprve zkoušena směrová stabilita vozidla. Pomalou jízdou se zkouší, zda nedojde při jízdě na válcích k sunutí vozidla na stranu. Pokud ano, je nutno opakovat najetí na válce znovu tak, aby vozidlo bylo přistaveno kolmo k osám válců, čímž se snažíme eliminovat toto příčné sunutí do stran. Najíždění opakujeme tak dlouho, dokud se nám nepodaří držet při pomalé jízdě vozidlo v kolmé poloze k osám válců.

Po nastavení automobilu do stabilní polohy se pozice vozidla zajistí pomocí utahovacích popruhů (obr. 3.2.1), které jsou protaženy tažným okem vozidla a oky přichycenými k podlaze místnosti. Je nutné citlivé dotažení tak, aby popruhy plnily svoji funkci – nebyly příliš volné, ale na druhou stranu nesmí vozidlo stahovat k zemi nebo do strany.



Obr. 3.2.1: Vozidlo připravené ke zkoušce – Hyundai i30 1.6 CVVT

Konce utahovacích popruhů zajistíme proti volnému pohybu, protože je nutno do vzdálenosti asi 1 metr před vozidlem umístit ventilátor studeného vzduchu, který má za úkol simulovat proudění vzduchu a usnadnit tím chlazení vozidlového motoru.

Následně ke koncovce výfuku přistavíme odsávací hadici pro odvod výfukových plynů (obr. 3.2.2). Výkon tohoto zařízení musí být alespoň 3000 metrů krychlových za hodinu.²⁰

²⁰ Návod k obsluze. *Válcová zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000*. s.19



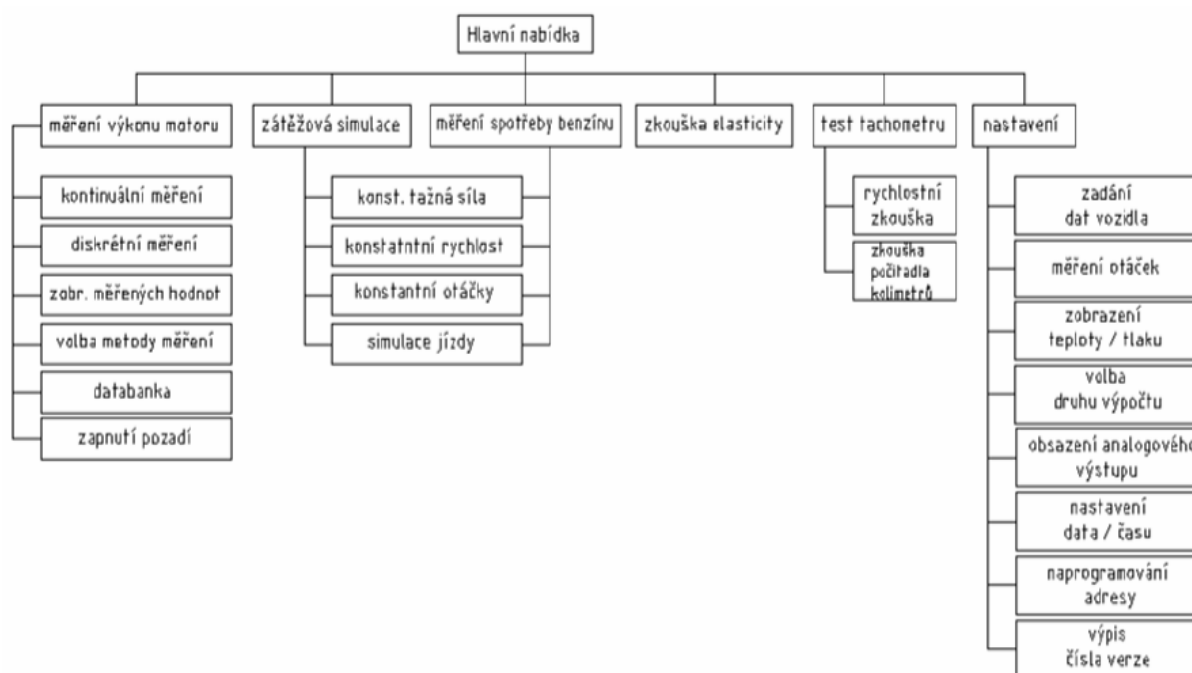
Obr. 3.2.2: Odsávací hadice pro odvod výfukových plynů

3.3. Měření

Před samotným měřením vybereme z hlavní nabídky pomocí klávesnice ve struktuře programu možnost test tachometru. (obr. 3.3.1)

Zde se nachází další dvě volby:

- 1) rychlostní zkouška
- 2) zkouška počítadla kilometrů



Obr. 3.3.1: Struktura programu válcové zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000²¹

Jak již samotný název napovídá, zvolíme možnost „rychlostní zkouška“. Poté se nám objeví na obrazovce 10 polí, do kterých navolíme požadované hodnoty rychlostí, které chceme měřit.

V našem případě jsem se rozhodl začít s hodnotami testování od $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a pokračovat po desítkách až na rychlost $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Rychlost $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ byla přeskočena a místo ní měření probíhalo pro rychlost $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Byli jsme zde limitováni softwarovými možnostmi zkušební stanice, které jsou omezeny na 10 měření. Rychlost $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ byla zvolena místo rychlosti $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ z důvodu, že se jedná o maximální povolenou rychlost na dálnicích v ČR ale i v mnoha dalších zemích.

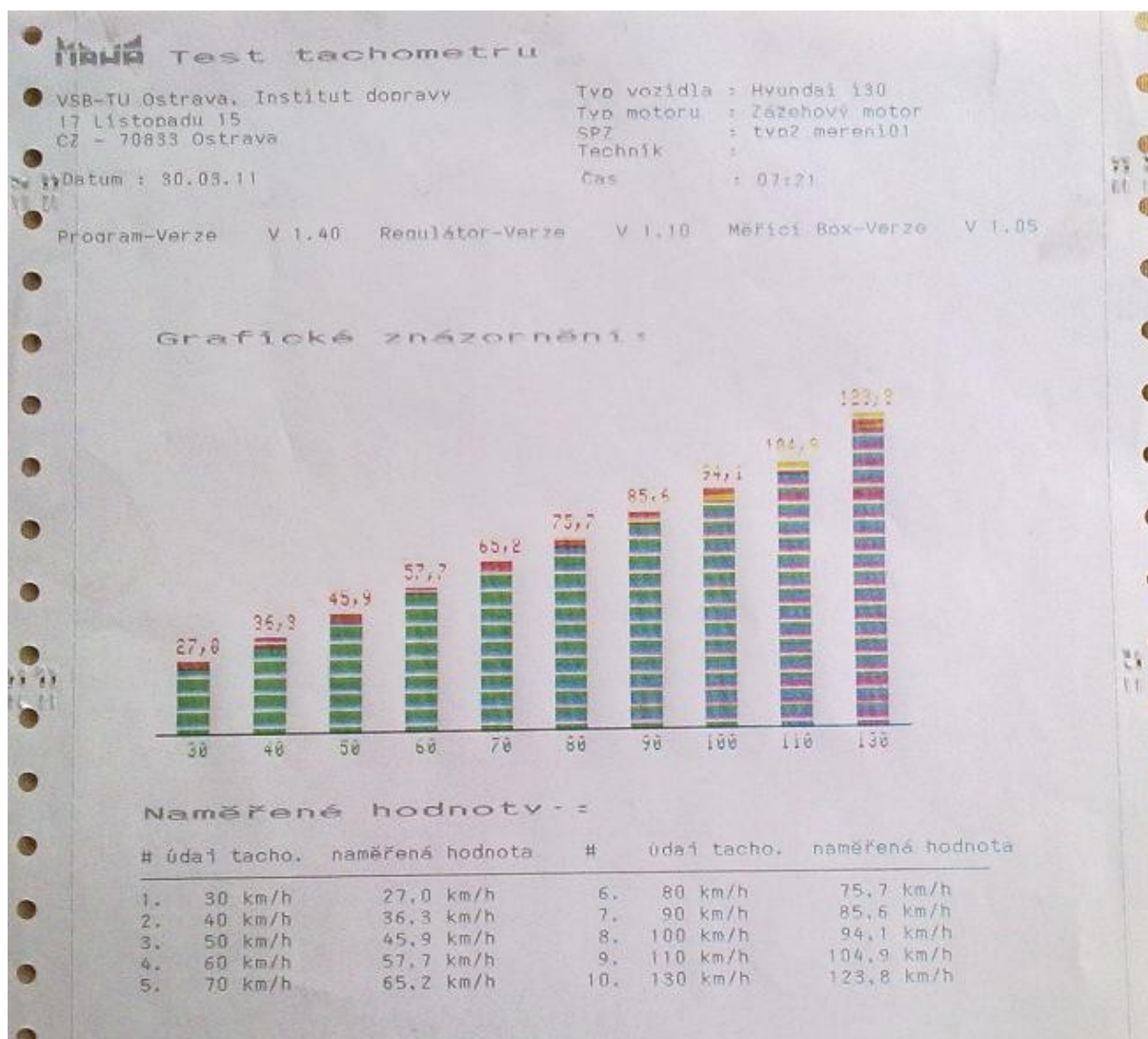
Z důvodu získání určité vypovídací hodnoty bylo provedeno deset měření pro každou rychlost. Měření proběhlo vždy pro celou škálu rychlostí počínaje rychlostí $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a konče rychlostí $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Tento postup se opakoval tak dlouho, až bylo dosaženo deseti hodnot pro každou z rychlostí (obr. 3.3.2).

²¹ Návod k obsluze. *Válcová zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000*. s. 23



Obr. 3.3.2: Vyhodnocení testu tachometru

Zaznamenávání dat probíhalo za pomoci dálkového ovládání, kterým se ukládaly jednotlivé rychlosti. Ve vozidle byl řidič a spolujezdec. Řidič se rozjíždí na požadovanou rychlost, kterou má zobrazenou na monitoru komunikačního pultu. Po jejím dosažení udržuje ustálenou rychlost alespoň po dobu 10 vteřin. Poté dává pokyn spolujezdci, který na jeho povel pomocí dálkového ovládání ukládá naměřenou hodnotu. Po uložení všech hodnot, které byly předvoleny, provedeme kontrolu naměřených rychlostí. V případě, že se v naměřených hodnotách nevyskytují hodnoty, které lze označit za odlehlá pozorování provedeme tisk protokolu z měření, který nám poslouží pro další zpracování dat (obr. 3.3.3). V opačném případě sjednáme nápravu novým měřením.



Obr. 3.3.3: Protokol z měření – test tachometru

4. Statistické nástroje pro vyhodnocení

V našem případě potřebujeme provést porovnání středních hodnot více než 2 populací. Toto porovnání nám umožní ověřit, jestli typ měřeného vozidla má vliv na výsledné hodnoty získané našim měřením.

4.1. ANOVA²²

ANOVA metoda, která bývá nazývána analýzou rozptylu, byla vytvořena sirem R. A. Fisherem v roce 1925. Název ANOVA vznikl složením prvních písmen z anglického názvu „ANalysis Of VAriace“. Základními předpoklady pro realizaci této analýzy jsou:

- nezávislost výběrů²³
- normalita výběrů²⁴
- homoskedasticita²⁵ (shoda rozptylů)

Nejprve byla analýza rozptylu navrhnutá pro jednotlivé výběry, které mají stejný rozsah – tato skutečnost je někdy označována jako vyvážené třídění, to však bývá ve velké většině případů nesplněno. Zároveň je nutno zdůraznit, že čím více je toto pravidlo dodržováno a rozsahy jednotlivých souborů jsou si rovny nebo se sobě blíží, tím bývají výsledky testování považovány za věrohodnější.

Předpokladem pro použití ANOVY metody, je že máme více jak 2 nezávislé výběry z normálního rozdělení a je tedy splněna podmínka $k > 2$.

$X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n_1}$ je výběr z $N(\mu_1; \sigma^2)$

:

:

$X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{kn_k}$ je výběr z $N(\mu_k; \sigma^2)$

²² Pro zpracování problematiky analýzy rozptylu bylo použito přednášek z předmětu Aplikace počítačů v provozu a literatury - LITSCHMANNOVÁ. *Úvod do statistiky*. s. 198-203

²³ Pro porovnání závislých výběrů se používá Friedmanův test

²⁴ Poznámka: Místo střední hodnoty je možno testovat rovnost mediánů testem, který se nazývá Kruskalův - Wallisův test. Jedná se tedy o více výběrový test shody mediánů. Tomuto testu se také někdy říká neparametrická ANOVA, je obdobou jednofaktorové analýzy rozptylu.

²⁵ Homoskedasticita se testuje některým z testů určených k testování shody rozptylů (Bartlettův test, Levenův test, Hartleyův test, Cochranův test,...). Dojde-li k většímu porušení homoskedasticity, je vhodné stejně jako při porušení normality, použít Kruskalův – Wallisův test.

Dalším krokem je stanovení nulové a alternativní hypotézy:

H_0 : střední hodnoty všech souborů jsou stejné

Nulová hypotéza bude mít následující zápis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

Oproti tomuto tvrzení postavíme alternativní hypotézu

H_A : alespoň 2 střední hodnoty jsou různé (neplatí H_0)

Alternativní hypotéza bude mít zápis:

$$H_A: \overline{\overline{H_0}} \text{ (neplatí } H_0)$$

Mezitřídní součet čtverců (angl. **S**um of **S**quares **B**etween groups),

– s jeho pomocí provádíme jednotlivé třídní průměry vzhledem k celkovému průměru

$$SS_B = n \cdot \sum_{i=1}^k (\overline{X_i} - \overline{\overline{X}})^2, \quad (4.1.1)$$

-kde:

$\overline{X_i}$ představuje průměr i-té třídy
tříd

$\overline{\overline{X}}$ představuje celkový průměr všech

$$\overline{X_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad \text{pro } i = 1, \dots, k$$

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n X_{ij}}{k \cdot n} = \frac{\sum_{i=1}^k \overline{X_i}}{k}$$

Vnitřní součet čtverců (angl. Sum of Squares - errors),
 – s jeho pomocí provádíme jednotlivá porovnání vzhledem k jejich průměru

$$SS_e = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2, \quad (4.1.2)$$

-kde:

\bar{X}_i představuje průměr i-té třídy X_{ij} je odpovídající hodnota měření

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} \quad \text{pro } i = 1, \dots, k$$

Možnou alternativou pro výpočet variability uvnitř skupin je použitím výběrových rozptylů jednotlivých tříd.

$$SS_e = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 = \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \sum_{j=1}^{n_i} \frac{(X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n_i - 1} = \sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2 \quad (4.1.3)$$

Pro další postup je nutno vypočítat hodnoty průměrných čtverců:

- v případě mezitřídního součtu čtverců budeme postupovat podle vztahu:

$$MS_b = \frac{SS_b}{k - 1}, \quad (4.1.4)$$

kde k je odpovídající počet výběrů

- v případě vnitřního součtu čtverců budeme postupovat podle vztahu:

$$MS_e = \frac{SS_e}{N - k}, \quad (4.1.5)$$

kde N je celkový počet pozorování

Celkový počet pozorování dostáváme vynásobením počtu výběrů počtem pozorování:

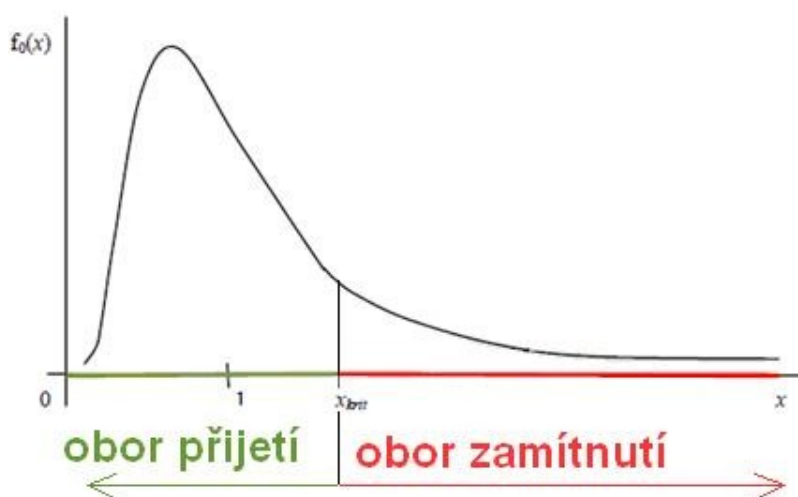
$$N = n \cdot k \quad (4.1.6)$$

4.2. Testovací kritérium F-poměr

Nyní budeme zkoumat poměr, který se jmenuje podle Ronalda Fishera F-poměr (F-ratio) a do vzorce pro *F-poměr* dosadíme hodnoty získané výpočty v předchozí kapitole 5.1.

$$F\text{-poměr} = x_{obs} = \frac{MS_B}{MS_e} \quad (4.2.1)$$

„Není-li H_0 pravdivá (střední hodnoty nejsou stejné), pak variabilita mezi třídami SS_b bude relativně velká vůči variabilitě uvnitř tříd SS_e a *F-poměr* bude mnohem větší než 1. Čím větší je *F-poměr*, tím méně je H_0 pravděpodobná. *F-poměr* má Fisher – Sendecorovo rozdělení s $k-1$ stupni volnosti v čitateli a $n-k$ stupni volnosti ve jmenovateli.“²⁶



Obr. 4.3: Grafické znázornění oboru přijetí a zamítnutí

Pro dokončení analýzy rozptylu provedeme výpočet kritické hodnoty testového kritéria podle Fisher – Sendecorova rozdělení:

$$x_{krit} = F_{1-\alpha; k-1; N-k},^{27} \quad (4.2.2)$$

kde $F_{1-\alpha}$ - kvantil rozdělení
 $k-1$ - počet stupňů volnosti v čitateli
 $N-k$ - počet stupňů volnosti ve jmenovateli

Následně porovnáme výsledné hodnoty X_{krit} a X_{obs} a na základě jejich výše stanovíme, zda zamítám nulovou hypotézu ve prospěch alternativní či nikoliv.

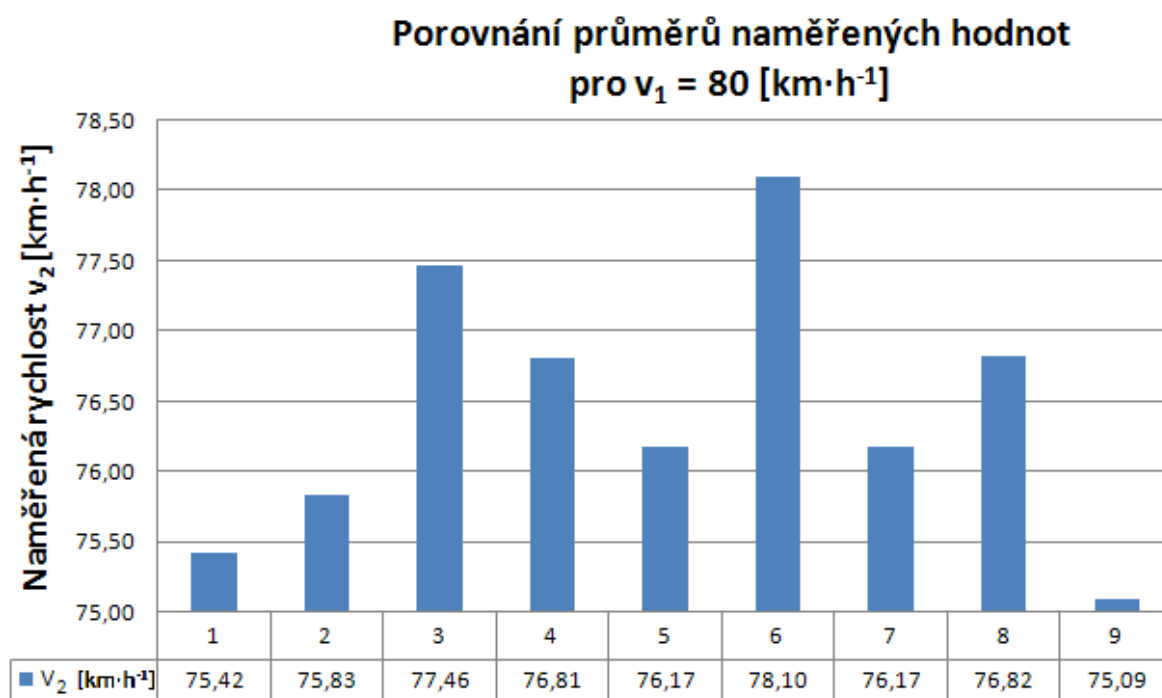
²⁶ LITSCHMANNOVÁ. Úvod do statistiky. s. 204-205

²⁷ Poznámka: Pro výpočet v Microsoft Excel kritické hodnoty testového kritéria podle Fisher – Sendecorova rozdělení se používá funkce $FINV(1-\alpha; k-1; N-k)$

4.3. Analýza rozptylu – výpočet pro rychlost $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

Pro naše ověření bude proveden výpočet, ve kterém budeme pracovat s naměřenými hodnotami pro rychlost $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Nejprve si zhotovíme vizualizaci pro přehledné grafické znázornění naměřených hodnot (Obr. 4.3.1.). Z průměrů naměřených hodnot pro každé vozidlo je patrné, že jsou srovnatelné a budeme tedy dále zjišťovat, jestli povedou k zamítnutí nulové hypotézy.

Následně provedeme výpočet základních číselných charakteristik, které si uspořádáme do tabulky (tab. 4.3.1). V této tabulce jsou jednotlivá vozidla označena kódy 1 až 9. Sloupce nám představují hodnoty skutečných rychlostí jednotlivých vozidel, které jsme získali experimentálním měřením. Každý řádek pak značí první až desáté měření.



Obr. 4.3.1: Grafické zobrazení průměrů naměřených hodnot*

* Čísla 1 až 9 představují jednotlivá vozidla dle následující poznámky:

1	Hyundai i30 1.6 CVVT(I)	4	Peugeot 207 1.4i 8V	7	Peugeot 207 1.4 HDi
2	Hyundai i30 1.6 CVVT(II)	5	Peugeot 307 sw 1.6 HDi	8	Citroën C4 1.6i 16V
3	Peugeot 307 1.6i 16V	6	Peugeot 807 2.0 HDi	9	Kia Venga 1.6 CVVT

Tab. 4.3.1: Základní číselné charakteristiky pro rychlost 80 [km·h⁻¹]

Vozidlo*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. měření [km·h ⁻¹]	73,9	75,7	78,0	75,7	76,4	78,5	75,8	76,6	75,1
2. měření [km·h ⁻¹]	75,6	75,6	77,3	77,9	75,2	77,6	75,8	76,6	74,9
3. měření [km·h ⁻¹]	74,9	75,9	76,3	76,2	76,7	77,7	76,1	76,8	75,4
4. měření [km·h ⁻¹]	75,7	74,7	77,6	77,4	77,1	78,2	76,2	77,3	74,8
5. měření [km·h ⁻¹]	75,7	75,7	77,6	77,3	73,3	77,7	76,5	76,1	75,2
6. měření [km·h ⁻¹]	74,9	76,2	77,6	76,1	76,7	78,4	76,2	76,6	75,6
7. měření [km·h ⁻¹]	75,2	75,9	77,6	76,7	75,6	78,0	76,1	76,9	74,7
8. měření [km·h ⁻¹]	76,2	76,1	77,6	76,7	77,4	78,5	76,6	77,0	74,9
9. měření [km·h ⁻¹]	75,9	75,9	77,3	76,7	76,8	78,2	75,8	77,1	75,2
10. měření [km·h ⁻¹]	76,2	76,6	77,7	77,4	76,5	78,2	76,6	77,2	75,1

rozsah n	10	10	10	10	10	10	10	10	10
průměr \bar{x} [km·h⁻¹]	75,42	75,83	77,46	76,81	76,17	78,10	76,17	76,82	75,09
výběrový rozptyl s^2	0,504	0,242	0,205	0,474	1,445	0,113	0,1	0,128	0,077
celkový průměr $\bar{\bar{X}}$ [km·h⁻¹]	76,43								

* Čísla 1 až 9 představují jednotlivá vozidla dle následující poznámky:

1	Hyundai i30 1.6 CVVT(I)	4	Peugeot 207 1.4i 8V	7	Peugeot 207 1.4 HDi
2	Hyundai i30 1.6 CVVT(II)	5	Peugeot 307 sw 1.6 HDi	8	Citroën C4 1.6i 16V
3	Peugeot 307 1.6i 16V	6	Peugeot 807 2.0 HDi	9	Kia Venga 1.6 CVVT

Před samotným zahájením řešení Anovy, musíme mít na paměti základní předpoklady pro realizaci, které byly uvedeny v kapitole 4.1.

Základními předpoklady pro realizaci této analýzy jsou:

- nezávislost výběrů²⁸
- normalita výběrů²⁹
- homoskedasticita (shoda rozptylů)³⁰

V našem případě je nezávislost výběrů splněna. Je to dáno faktem, že měříme různá vozidla, tudíž i naměřené hodnoty jsou na sobě nezávislé. Při dalším postupu budeme předpokládat, že jsou i další dva předpoklady splněny a zaměříme se na samotné provedení analýzy rozptylu.

²⁸ Pro porovnání závislých výběrů se používá Friedmanův test

²⁹ Poznámka: Místo střední hodnoty je možno testovat rovnost mediánů testem, který se nazývá Kruskalův - Wallisův test. Jedná se tedy o více výběrový test shody mediánů. Tomuto testu se také někdy říká neparametrická ANOVA, je obdobou jednofaktorové analýzy rozptylu.

³⁰ Homoskedasticita se testuje některým z testů určených k testování shody rozptylů (Bartlettův test, Levenův test, Hartleyův test, Cochranův test,...). Dojde-li k většímu porušení homoskedasticity, je vhodné stejně jako při porušení normality, použít Kruskalův - Wallisův test.

Z tabulky 4.1 vidíme, že všechny výběry mají stejný rozsah, což dodá získaným výsledkům na věrohodnosti. Jak jsem uvedl v kapitole 4.1. budu mít více jak 2 nezávislé výběry z normálního rozdělení, bude tedy podmínka ($k > 2$) splněna - budu testovat 9 nezávislých výběrů ($k = 9$).

V praxi je většinou hlavní snahou ukázat, že na základě dat je možné na hladině významnosti α nulovou hypotézu zamítnout. Můj cíl tedy bude vyvrátit, že střední hodnoty všech souborů jsou stejné a ověřit, jestli typ měřeného vozidla má vliv na výsledné hodnoty získané našim měřením.

Budu testovat nulovou hypotézu ve tvaru:

$$H_0: \mu_{01} = \mu_{02} = \mu_{03} = \mu_{04} = \mu_{05} = \mu_{06} = \mu_{07} = \mu_{08} = \mu_{09}$$

kde μ_{01} je střední hodnota okamžité rychlosti vozidla Hyundai i30 1.6 CVVT (I)
 μ_{02} je střední hodnota okamžité rychlosti vozidla Hyundai i30 1.6 CVVT (II)
 μ_{03} je střední hodnota okamžité rychlosti vozidla Peugeot 307 1.6i 16V
 μ_{04} je střední hodnota okamžité rychlosti vozidla Peugeot 207 1.4i 8V
 μ_{05} je střední hodnota okamžité rychlosti vozidla Peugeot 307 SW 1.6 HDi
 μ_{06} je střední hodnota okamžité rychlosti vozidla Peugeot 807 2.0 HDi
 μ_{07} je střední hodnota okamžité rychlosti vozidla Peugeot 207 1.4 HDi
 μ_{08} je střední hodnota okamžité rychlosti vozidla Citroën C4 1.6i 16V
 μ_{09} je střední hodnota okamžité rychlosti vozidla Kia Venga 1.6 CVVT

oproti alternativě:

$$H_A: \overline{H_0} \text{ (neplatí } H_0 \text{)}$$

Následně jsem rozdělil celkovou variabilitu závislé proměnné (výsledné hodnoty všech 90-ti provedených měření) na variabilitu mezi skupinami (meztřídní součet čtverců) a na variabilitu uvnitř skupin (vnitřní součet čtverců).

Mezitřídní součet čtverců – výpočet se řídí vztahem 4.1.1:

$$SS_b = 10 \cdot [(75,42 - 76,43)^2 + (75,83 - 76,43)^2 + \dots + (75,09 - 76,43)^2] = 74,572$$

Vnitřní součet čtverců – výpočet se řídí vztahem 4.1.2:

$$SS_e = (73,9 - 75,42)^2 + (75,6 - 75,42)^2 + \dots + (75,2 - 75,09)^2 + (75,1 - 75,09)^2 = 29,597$$

Jako možnou alternativou pro výpočet variability uvnitř skupin jsem v kapitole 4.1. uvedl použití výběrových rozptylů jednotlivých tříd dle vztahu 4.1.3.

Výpočet pro naše hodnoty z tabulky 4.1. s využitím výběrových rozptylů bude mít výpočet tuto podobu:

$$SS_e = (10 - 1) \cdot 0,504 + (10 - 1) \cdot 0,24233 + \dots + (10 - 1) \cdot 0,12844 + (10 - 1) \cdot 0,07656 = 29,597$$

Provedením výpočtů dle vztahů 4.1.2 a 4.1.3 jsme dostali zcela totožné hodnoty. Tato skutečnost nám dává jistotu, že prováděné výpočty jsou správné.

Pro další postup jsem vypočítal hodnoty průměrných čtverců:

V případě mezitřídního součtu čtverců budeme postupovat podle vztahu 4.1.4.

Hodnota průměrného mezitřídního čtverce pak bude:

$$MS_b = \frac{SS_b}{k - 1} = \frac{74,572}{8} = 9,3215$$

V případě vnitřního součtu čtverců budeme postupovat podle vztahu 4.1.5. musíme však ještě před tím stanovit celkový počet pozorování. Ten dostáváme vynásobením počtu výběrů počtem pozorování:

$$N = n \cdot k = 10 \cdot 9 = 90 \text{ pozorování}$$

Počet pozorování následně dosadíme do vztahu 4.1.6. a dostáváme vnitřní součet čtverců

$$MS_e = \frac{SS_e}{N - k} = \frac{29,597}{90 - 9} = 0,365395$$

Pro získání hodnoty F -poměru dosadíme do vztahu 4.1.7. získané výsledky předchozími výpočty:

$$F\text{-poměr} = x_{obs} = \frac{MS_B}{MS_e} = \frac{9,3215}{0,365395} = 25,51$$

V kapitole 4.2. jsme se seznámili s pravidlem, že: „Není-li H_0 pravdivá (střední hodnoty nejsou stejné), pak variabilita mezi třídami SS_b bude relativně velká vůči variabilitě uvnitř tříd SS_e a F -poměr bude mnohem větší než 1. Čím větší je F -poměr, tím méně je H_0 pravděpodobná.“³¹

V našem případě je toto pravidlo splněno, což svědčí o správnosti naší úvahy. Pro naše hodnoty je poměr mezitřídního součtu čtverců k vnitřnímu součtu čtverců 74,572 ku 29,597, což lze označit za relativně velký rozdíl. Hodnota F -poměru nám vyšla 25,51. Tímto lze tedy označit H_0 za málo pravděpodobnou.

Pro dokončení analýzy rozptylu provedeme výpočet kritické hodnoty testového kritéria podle Fisher – Sendecorova rozdělení dle vztahu 4.2.2.

Pro výpočet v Microsoft Excelu uvažujeme:

$$\text{FINV}(0,05 ; 8 ; 81)$$

$$x_{\text{krit}} = 2,054882$$

V případě našich hodnot tedy docházíme k jasnému závěru, že na hladině významnosti 0,05 dochází k zamítnutí nulové hypotézy o shodě středních hodnot. Můžeme tedy říci, že měřená vozidla mají vliv na výsledné hodnoty získané měřením na válcové zkušební stanici LPS 2000. Z ANOVY analýzy nám tedy vyplývá, že má smysl se dále zabývat hodnotami odchylek a pracovat s nimi.

³¹ LITSCHMANNOVÁ. *Úvod do statistiky*. s. 204

5. Experimentální měření a vyhodnocení

Získané hodnoty rychlostí jednotlivých automobilů jsou podkladem pro statistické vyhodnocení. Vyhodnocení našich dat spočívá v převedení rychlosti na odchylku, tedy získání hodnoty, která je rozdílem hodnoty indikované na rychlosti tachometru a rychlosti skutečně získané měřením a poté vyjádření nejistoty měření.

„Nejistota měření je označením pro parametr související s výsledkem měření a charakterizující rozsah hodnot, které je možno racionálně přiřadit k měřené veličině. Je to tedy parametr přidružený k výsledku měření, který charakterizuje rozptyl hodnot, které by mohly být důvodně přisuzovány k měřené veličině, což je tedy s jistotou pravděpodobností hodnota pravá. Nejistota standardní je označení pro nejistotu, která se odvíjí od směrodatné odchylky. Jako zdroje nejistot lze označit veškeré jevy, které nějakým způsobem mohou ovlivnit neurčitost jednoznačného stanovení výsledku měření a tím vzdalují naměřenou hodnotu od hodnoty skutečné. K tomu, abychom nejdříve mohli vyjádřit přesnost měření nejistotou, musíme nejdříve vyjmout hrubé chyby a chyby systematické.“³²

V našem případě, když došlo k těmto jevům, byla hned při měření sjednána náprava, čímž došlo k odstranění těchto nejistot. K těmto nejistotám docházelo především z důvodu selhání techniky či pozdní fyzické reakci obsluhy. Při pozdní reakci obsluhy došlo k zaznamenání hodnoty rychlosti, která již v době uložení hodnoty byla rozdílná a od požadované rychlosti na ukazateli okamžité rychlosti, se značně odlišovala.

Nejistoty měření se podle způsobu vyhodnocení dělí do skupin:³³

- standardní nejistota typu A označovaná symbolem u_A
- standardní nejistota typu B označovaná symbolem u_B
- kombinovaná standardní nejistota označovaná symbolem u_C

³² <http://autnt.fme.vutbr.cz/lab/a1-731a/ETC.pdf> - přístup 23. 4. 2011

³³ Famfulík, Jan: *Osobní sdělení*. VŠB – TU Ostrava [cit. 2011-04-25]

5.1. Vyhodnocení odchylek pro jednotlivé automobily

Standardní nejistota typu A³⁴ – stanovíme ji statistickým zpracováním naměřených hodnot. Nejprve se opakovaným měřením rychlosti V a výpočtem aritmetického průměru stanoví odhad hodnoty \bar{V} . Aritmetický průměr rychlosti V pro n měření je dán vztahem:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n} [km \cdot h^{-1}] \quad (5.1.1)$$

\bar{V}	aritmetický průměr rychlosti vozidla [$km \cdot h^{-1}$]
V_i	i-tá rychlost vozidla V [$km \cdot h^{-1}$]
n	počet měření (v našem případě $n = 10$) [-]

Standardní nejistota typu A $u_A(V)$ k odhadu \bar{V} , je pak dána výběrovou směrodatnou odchylkou aritmetického průměru podle vztahu:

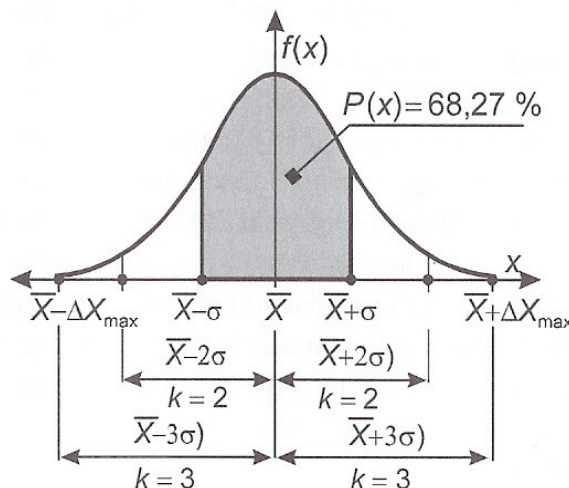
$$u_A(V) = \sigma(\bar{V}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{(n-1)}} [km \cdot h^{-1}] \quad (5.1.2)$$

$u_A(V)$	standardní nejistota typu A [$km \cdot h^{-1}$]
$\sigma(\bar{V})$	rozptyl aritmetického průměru [$km \cdot h^{-1}$]
\bar{V}	aritmetický průměr rychlosti vozidla [$km \cdot h^{-1}$]
V_i	i-tá rychlost vozidla V [$km \cdot h^{-1}$]
n	počet měření (v našem případě $n = 10$) [-]

³⁴ Famfulík, Jan: *Osobní sdělení*. VŠB – TU Ostrava [cit. 2011-04-25]

Statistické rozdělení odchylek od výběrového průměru:³⁵

- rozptyl hodnot, odpovídá rozdělení normálnímu (Gaussovu).



Obr. 5.1. Hustota normálního rozdělení pravděpodobnosti

Gaussova křivka (hustota pravděpodobnosti) je funkcí dvou proměnných: střední hodnoty μ a rozptylu σ^2 . Gaussova křivka je symetrická, střední hodnota μ leží právě pod jejím vrcholem. Tvar křivky s extrémem v místě střední hodnoty vlastně říká to, že při opakování náhodného pokusu řídicího se Gaussovým rozdělením budou nejčastěji vycházet hodnoty v okolí střední hodnoty. Symetrie křivky pak říká to, že výsledky vychýlené nad i pod střední hodnotu budou vycházet zhruba stejně často. Parametr σ^2 určuje, jak těsně se křivka přimyká střední hodnotě; čím nižší je tento parametr, tím je graf „ostřejší“. V praxi se často používá tzv. pravidlo tří sigma, někdy i dvou nebo jednoho sigma. Platí totiž, že výsledek náhodného pokusu s rozdělením $N(\mu, \sigma^2)$ leží v intervalu:

- $(\mu - \sigma^2, \mu + \sigma^2)$ s pravděpodobností 68,27 %
- $(\mu - 2\sigma^2, \mu + 2\sigma^2)$ s pravděpodobností 95,45 %
- $(\mu - 3\sigma^2, \mu + 3\sigma^2)$ s pravděpodobností 99,73 %

³⁵ http://www.wikiskripta.eu/index.php/Gaussovo_rozd%C4%9Blen%C3%AD – přístup 3.5.2011

Pro výpočet dolní a horní odchylky pak budou platit vztahy:

$$\text{dolní odchylka} = \bar{V} - u_A(V) \quad [km \cdot h^{-1}] \quad (5.1.3)$$

$$\text{horní odchylka} = \bar{V} + u_A(V) \quad [km \cdot h^{-1}] \quad (5.1.4)$$

dolní odchylka	dolní odchylka od aritmetického průměru rychlosti vozidla $[km \cdot h^{-1}]$
horní odchylka	horní odchylka od aritmetického průměru rychlosti vozidla $[km \cdot h^{-1}]$
\bar{V}	aritmetický průměr rychlosti vozidla $[km \cdot h^{-1}]$
$u_A(V)$	standardní nejistota typu A $[km \cdot h^{-1}]$

Standardní nejistota typu B³⁶ – jedná se o nejistotu přístroje, která je daná nejistotou výsledku přímého měření veličiny a má zanedbatelnou základní nejistotu. Základní nejistota měřené veličiny je nejmenší nejistota, která může být udána při popisu měřené veličiny.

Třída přesnosti přístroje je kategorie měřících přístrojů splňujících soubor specifikací týkajících se nejistoty. Třída nejistoty vždy specifikuje mezní hodnotu nejistoty přístroje za specifikovaných podmínek. Standardní nejistota typu B je dána vztahem:

$$u_B(V) = \frac{TP}{100} M \frac{1}{\sqrt{3}} [km \cdot h^{-1}] \quad (5.1.5)$$

$u_B(V)$	standardní nejistota typu B $[km \cdot h^{-1}]$
TP	třída přesnosti (v našem případě $\pm 2 \%$, tedy $TP = 4$) [-]
M	největší hodnota měřicího rozsahu $[km \cdot h^{-1}]$ (v našem případě $M = 260 km \cdot h^{-1}$)

³⁶ Famfulík, Jan: *Osobní sdělení*. VŠB – TU Ostrava [cit. 2011-04-25]

Kombinovaná standardní nejistota³⁷ – skládá se z obou základních typů nejistot A a B a je dána vztahem:

$$u_c(V) = \sqrt{u_A^2(V) + u_B^2(V)} [km \cdot h^{-1}] \quad (5.1.6)$$

$u_c(V)$ kombinovaná standardní nejistota [$km \cdot h^{-1}$]

$u_A(V)$ standardní nejistota typu A [$km \cdot h^{-1}$]

$u_B(V)$ standardní nejistota typu B [$km \cdot h^{-1}$]

Kombinovaná standardní nejistota nám udává, v jakém rozptylu od aritmetického průměru rychlosti vozidla se naměřená data nacházejí. Dolní a horní mez těchto intervalů lze spočítat dle vztahů:

$$DMI = \bar{V} - \frac{u_c(V)}{2} [km \cdot h^{-1}] \quad (5.1.7)$$

$$HMI = \bar{V} + \frac{u_c(V)}{2} [km \cdot h^{-1}] \quad (5.1.8)$$

DMI dolní mez intervalu rychlosti vozidla [$km \cdot h^{-1}$]

HMI horní mez intervalu rychlosti vozidla [$km \cdot h^{-1}$]

\bar{V} aritmetický průměr rychlosti vozidla [$km \cdot h^{-1}$]

$u_c(V)$ kombinovaná standardní nejistota [$km \cdot h^{-1}$]

³⁷ Famfulík, Jan: *Osobní sdělení*. VŠB – TU Ostrava [cit. 2011-04-25]

5.2. Výpočet hodnot pro měřené automobily

Vyhodnocení pro náš výběr devíti měřených osobních automobilů je uvedeno níže. V jednotlivých podkapitolách je proveden výpočet dle postupu, se kterým jsme se seznámili v kapitole 5.1. U každého automobilu je vždy uvedena fotografie automobilu, základní údaje o vozidle, tabulka naměřených hodnot a graf vývoje průměrné odchylky v závislosti na rychlosti.

Pro vyhodnocení dat jsem volil součinitel $k = 2$, tedy pravděpodobnost, že odchylka od aritmetického průměru \bar{V} nabude hodnoty v intervalu $\langle -2\sigma^2, +2\sigma^2 \rangle$, tedy pro interval $\bar{V} \pm 2\sigma^2$, plocha nám pak vymezuje pravděpodobnost 95,45%.

5.2.1. Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo I)



Obr. 5.2.1.1: Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo I)

Tab. 5.2.1.1: Údaje o vozidle Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo I)

Rok výroby	2009	
Stav tachometru	230	km
Typ motoru	zážehový	
Zdvihový objem motoru	1591	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	93	kW
při otáčkách	6300	min ⁻¹
Točivý moment motoru	157	Nm
při otáčkách	4200	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1268	kg
Užitečná hmotnost	452	kg
Délka	4245	mm
Šířka	1775	mm
Výška	1480	mm
Rozvor	2650	mm
Rozměr pneu	195/65 R15	
Datum měření	16.3.2011	

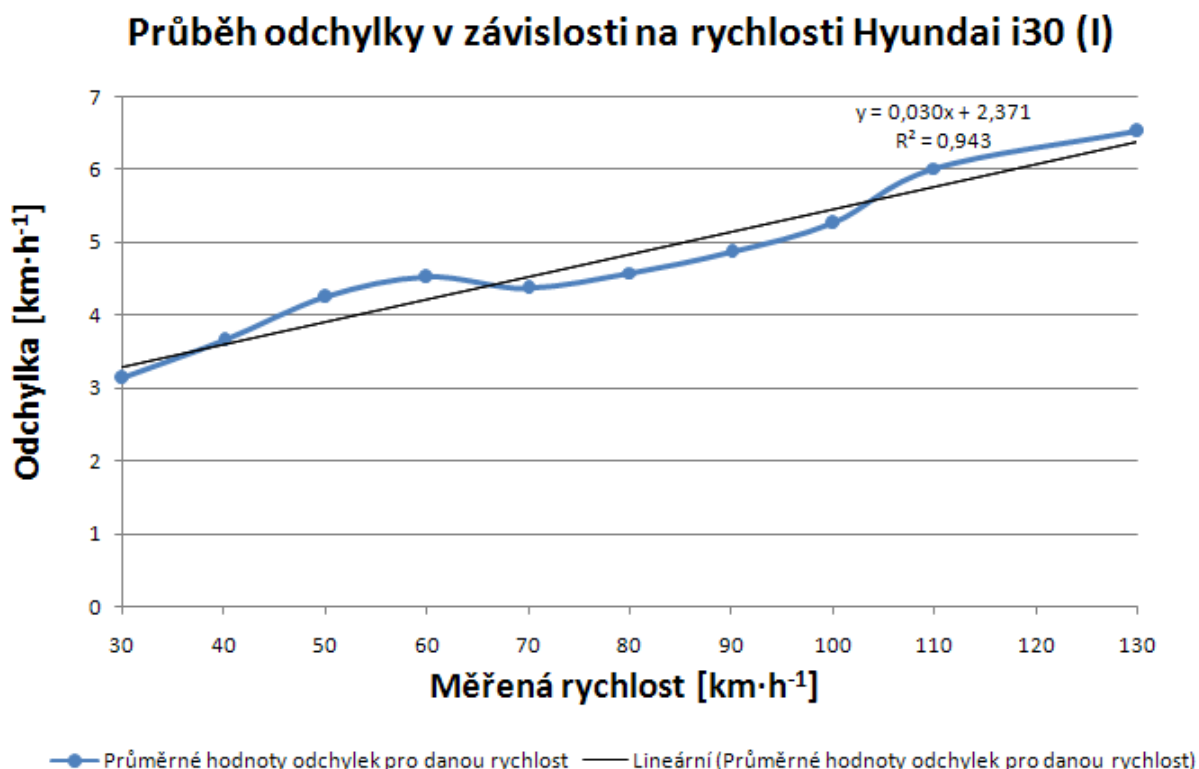
Vozidlo Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo I) bylo podrobno měření dle navržené metodiky, která je podrobněji popsána v kapitole 3.3. Získaná data skutečných rychlostí jsou uvedena v tabulce 5.2.1.2.

Bylo provedeno měření pro každou testovanou rychlost. Toto měření se opakovalo desetkrát a ze získaných dat byl proveden výpočet aritmetického průměru rychlosti vozidla podle vztahu 5.1.1.

Průměrná odchylka se následně dopočítala pomocí rozdílu rychlosti indikované na ukazateli okamžité rychlosti V_1 a průměrné rychlosti \bar{V} . Průběh průměrné odchylky v závislosti na rychlosti je zobrazen grafem (obr. 5.2.1.2).

Tab. 5.2.1.2: Naměřené hodnoty - Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo I)

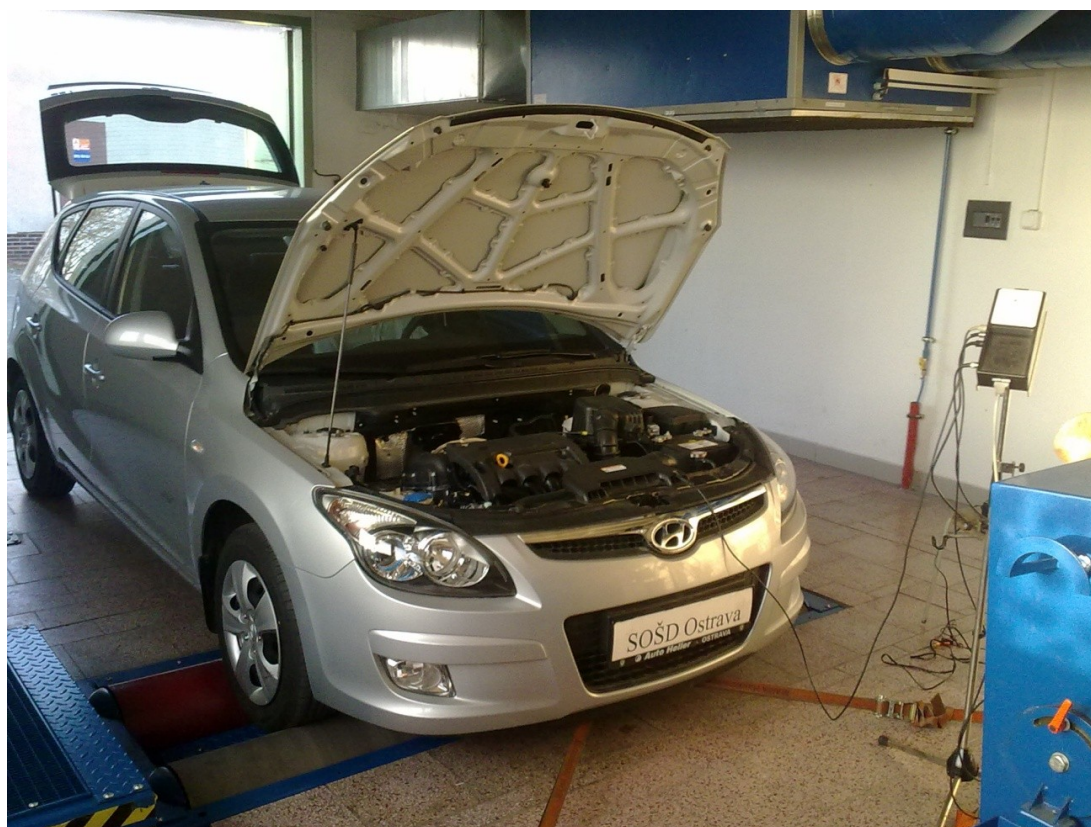
V_1 [km·h ⁻¹]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130
1.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,4	36,3	46,4	55,5	64,8	73,9	84,7	93,5	104,3	124,2
2.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	36,9	45,8	56,6	66,1	75,6	85,4	94,8	103,4	122,4
3.měření V_2 [km·h ⁻¹]	24,5	36,7	46,8	56,0	66,6	74,9	85,4	95,4	104,8	124,2
4.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,8	34,0	45,1	54,9	65,0	75,7	85,7	94,7	103,1	124,4
5.měření V_2 [km·h ⁻¹]	25,5	36,9	45,6	56,1	65,4	75,7	84,8	94,7	104,1	123,6
6.měření V_2 [km·h ⁻¹]	26,7	36,7	45,8	54,6	66,4	74,9	84,1	94,7	102,9	122,3
7.měření V_2 [km·h ⁻¹]	25,5	35,4	47,4	56,1	64,6	75,2	85,1	94,6	104,6	123,6
8.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,0	37,2	44,6	55,0	64,9	76,2	85,9	96,4	104,2	123,6
9.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,2	38,2	44,7	54,8	66,3	75,9	85,1	95,0	104,5	123,9
10.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,2	35,2	45,3	55,2	66,2	76,2	85,2	93,5	103,9	122,6
\bar{V} [km·h ⁻¹]	26,87	36,35	45,75	55,48	65,63	75,42	85,14	94,73	103,98	123,48
Průměrná odchylka [km·h ⁻¹]	3,13	3,65	4,25	4,52	4,37	4,58	4,86	5,27	6,02	6,52



Obr. 5.2.1.2 Průběh odchyly v závislosti na rychlosti Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo I)

Z grafu (obr. 5.2.1.2) průběhu odchyly v závislosti na rychlosti je jasně patrné, jakým způsobem se odchyly vyvíjí s rostoucí rychlostí – je zde proložen její nárůst – je lineární se spolehlivostí 94% a popsitelný danou rovnicí. Z hodnot získaných našim experimentálním měřením je patrné, že hodnoty průměrných odchylek pro zvolené rychlosti se u vozidla Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo I) pohybují v rozmezí od 3,13 [km·h⁻¹] do 6,52 [km·h⁻¹].

5.2.2. Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo II)



Obr. 5.2.2.1: Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo II)

Tab. 5.2.2.1: Údaje o vozidle Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo II)

Rok výroby	2009	
Stav tachometru	120	km
Typ motoru	zážehový	
Zdvihový objem motoru	1591	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	93	kW
při otáčkách	6300	min ⁻¹
Točivý moment motoru	157	Nm
při otáčkách	4200	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1268	kg
Užitečná hmotnost	452	kg
Délka	4245	mm
Šířka	1775	mm
Výška	1480	mm
Rozvor	2650	mm
Rozměr pneu	195/65 R15	
Datum měření	30.3.2011	

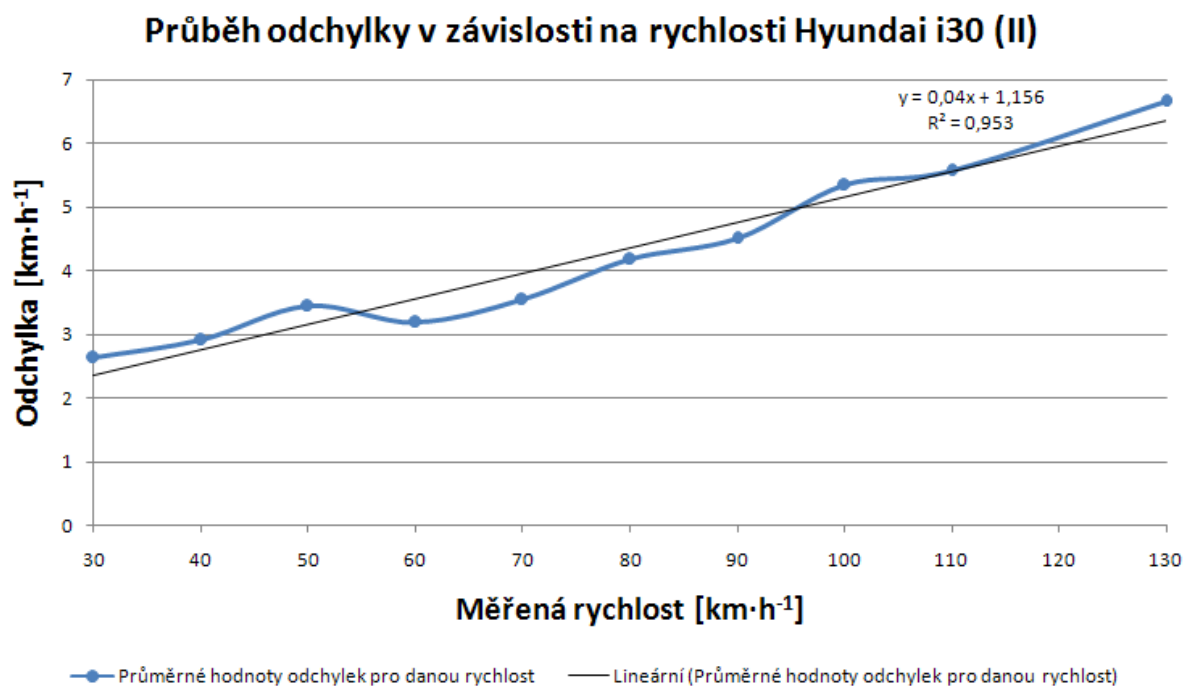
Vozidlo Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo II) bylo podrobena měření dle navržené metodiky, která je podrobněji popsána v kapitole 3.3. Získaná data skutečných rychlostí jsou uvedena v tabulce 5.2.2.2.

Bylo provedeno měření pro každou testovanou rychlost. Toto měření se opakovalo desetkrát a ze získaných dat byl proveden výpočet aritmetického průměru rychlosti vozidla podle vztahu 5.1.1.

Průměrná odchylka se následně dopočítala pomocí rozdílu rychlosti indikované na ukazateli okamžité rychlosti V_1 a průměrné rychlosti \bar{V} . Průběh průměrné odchylky v závislosti na rychlosti je zobrazen grafem (obr. 5.2.2.2).

Tab. 5.2.2.2: Naměřené hodnoty - Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo II)

V_1 [km·h ⁻¹]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130
1.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,0	36,3	45,9	57,7	65,2	75,7	85,6	94,1	104,9	123,8
2.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	37,6	46,6	55,9	65,7	75,6	85,0	94,7	103,7	123,3
3.měření V_2 [km·h ⁻¹]	24,2	35,5	47,3	56,8	67,6	75,9	86,7	95,2	104,6	123,7
4.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,3	36,9	46,0	56,4	66,8	74,7	84,7	94,9	104,0	122,1
5.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,4	37,1	47,4	56,6	66,4	75,7	84,7	94,8	104,0	121,8
6.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,7	37,4	46,9	57,5	66,4	76,2	86,0	95,6	104,4	123,6
7.měření V_2 [km·h ⁻¹]	29,0	38,3	46,0	56,2	66,7	75,9	85,7	94,3	104,6	123,3
8.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,2	37,5	45,1	57,1	66,2	76,1	85,4	93,5	104,9	123,6
9.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,1	37,0	47,5	56,9	66,5	75,9	86,3	94,8	104,5	124,3
10.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	37,3	46,9	57,0	67,1	76,6	84,9	94,7	104,7	123,9
\bar{V} [km·h ⁻¹]	27,37	37,09	46,56	56,81	66,46	75,83	85,50	94,66	104,43	123,34
Průměrná odchylka [km·h ⁻¹]	2,63	2,91	3,44	3,19	3,54	4,17	4,50	5,34	5,57	6,66



Obr. 5.2.2.2: Průběh odchyly v závislosti na rychlosti Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo II)

Z grafu (obr. 5.2.2.2) průběhu odchyly v závislosti na rychlosti je jasně patrné, jakým způsobem se odchyly vyvíjí s rostoucí rychlostí – je zde proložen její nárůst – je lineární se spolehlivostí 95% a popsitelný danou rovnicí. Z hodnot získaných našim experimentálním měřením je patrné, že hodnoty průměrných odchylek pro zvolené rychlosti se u vozidla Hyundai i30 1.6 CVVT (vozidlo II) pohybují v rozmezí od 2,63 [km·h⁻¹] do 6,66 [km·h⁻¹].

5.2.3. Peugeot 307 1.6i 16V



Obr. 5.2.3.1: Peugeot 307 1.6i 16V

Tab. 5.2.3.1: Údaje o vozidle Peugeot 307 1.6i 16V

Rok výroby	2008	
Stav tachometru	23 325	km
Typ motoru	zážehový	
Zdvihový objem motoru	1587	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	80	kW
při otáčkách	5800	min ⁻¹
Točivý moment motoru	147	Nm
při otáčkách	4000	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1330 – 1416	kg
Užitečná hmotnost	584 – 670	kg
Délka	4419	mm
Šířka	1757	mm
Výška	1544	mm
Rozvor	2708	mm
Rozměr pneu	195/65 R15	
Datum měření	30.3.2011	

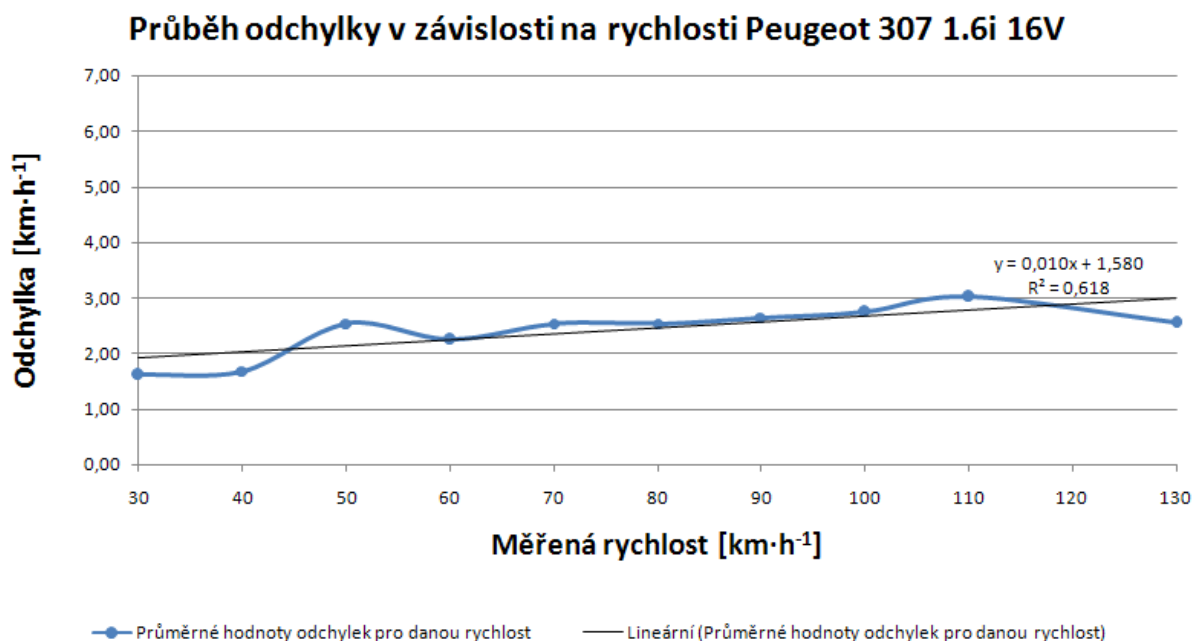
Vozidlo Peugeot 307 1.6i 16V bylo podrobena měření dle navržené metodiky, která je podrobněji popsána v kapitole 3.3. Získaná data skutečných rychlostí jsou uvedena v tabulce 5.2.3.2.

Bylo provedeno měření pro každou testovanou rychlost. Toto měření se opakovalo desetkrát a ze získaných dat byl proveden výpočet aritmetického průměru rychlosti vozidla podle vztahu 5.1.1.

Průměrná odchylka se následně dopočítala pomocí rozdílu rychlosti indikované na ukazateli okamžité rychlosti V_1 a průměrné rychlosti \bar{V} . Průběh průměrné odchylky v závislosti na rychlosti je zobrazen grafem (obr. 5.2.3.2).

Tab. 5.2.3.2: Naměřené hodnoty - Peugeot 307 1.6i 16V

V_1 [km·h ⁻¹]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130
1.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,8	37,9	47,7	57,7	67,7	78,0	87,5	97,5	106,8	127,5
2.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,2	38,0	47,7	58,0	67,3	77,3	87,5	96,2	105,5	126,6
3.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,3	38,2	47,8	57,8	67,4	76,3	87,5	97,5	107,2	128,0
4.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,6	38,2	46,4	58,3	67,5	77,6	87,3	97,5	107,4	127,8
5.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,4	38,4	47,2	57,7	66,5	77,6	87,2	96,8	107,3	126,8
6.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,7	38,3	48,1	58,1	67,7	77,6	87,5	97,6	107,3	127,6
7.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,8	37,9	47,0	58,2	67,0	77,6	87,5	97,5	107,3	128,0
8.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,4	38,8	47,8	57,8	67,6	77,6	87,5	97,7	107,2	127,7
9.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,1	39,1	46,9	57,7	68,1	77,3	87,4	97,6	107,2	127,3
10.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,5	38,4	48,0	56,3	67,8	77,7	86,6	96,7	106,7	127,2
\bar{V} [km·h ⁻¹]	28,38	38,32	47,46	57,76	67,46	77,46	87,35	97,26	106,99	127,45
Průměrná odchylka [km·h ⁻¹]	1,62	1,68	2,54	2,24	2,54	2,54	2,65	2,74	3,01	2,55



Obr. 5.2.3.2: Průběh odchyly v závislosti na rychlosti Peugeot 307 1.6i 16V

Z grafu (obr. 5.2.3.2) průběhu odchyly v závislosti na rychlosti je jasné patrné, jakým způsobem se odchyly vyvíjí s rostoucí rychlostí – je zde proložen její nárůst – je lineární se spolehlivostí 62% a popsitelný danou rovnicí. Z hodnot získaných našim experimentálním měřením je patrné, že hodnoty průměrných odchylek pro zvolené rychlosti se u vozidla Peugeot 307 1.6i 16V pohybují v rozmezí od 1,62 [km·h⁻¹] do 3,01 [km·h⁻¹].

5.2.4. Peugeot 207 1.4i 8V



Obr. 5.2.4.1: Peugeot 207 1.4i 8V

Tab. 5.2.4.1: Údaje o vozidle Peugeot 207 1.4i 8V

Rok výroby	2007	
Stav tachometru	27300	km
Typ motoru	zážehový	
Zdvihový objem motoru	1360	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	8	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	54	kW
při otáčkách	5400	min ⁻¹
Točivý moment motoru	118	Nm
při otáčkách	3300	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1213	kg
Užitečná hmotnost	367	kg
Délka	4030	mm
Šířka	1720	mm
Výška	1473	mm
Rozvor	2540	mm
Rozměr pneu	185/65 R15	
Datum měření	30.3.2011	

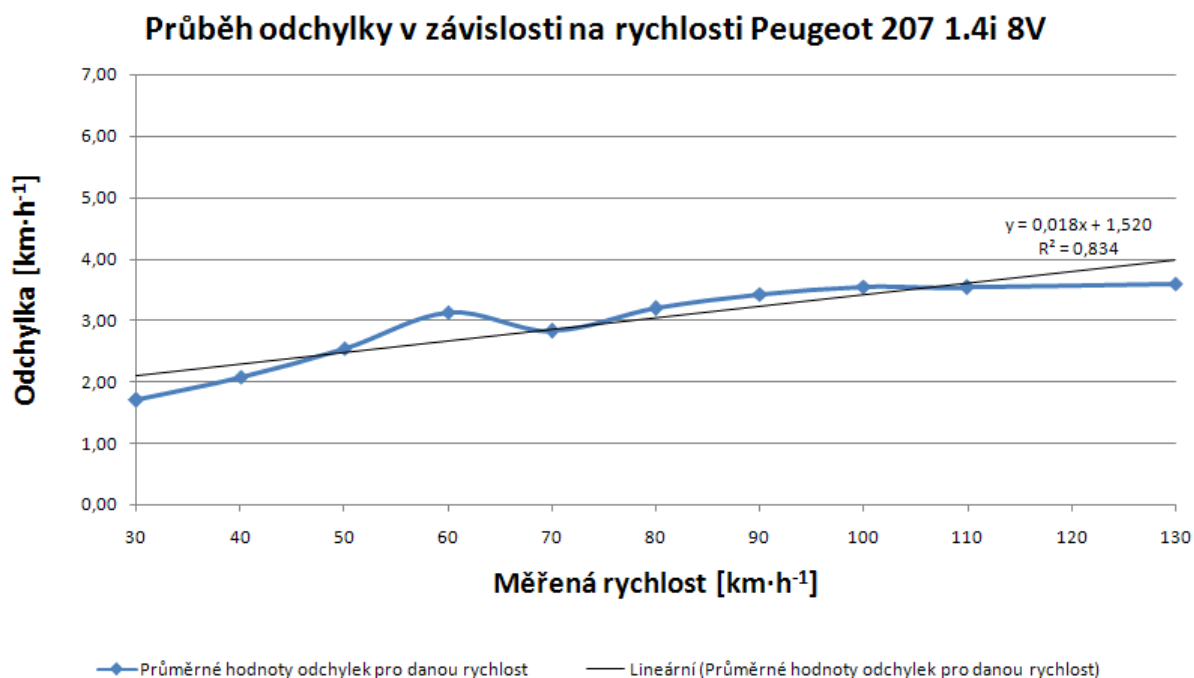
Vozidlo Peugeot 207 1.4i 8V bylo podrobena měření dle navržené metodiky, která je podrobněji popsána v kapitole 3.3. Získaná data skutečných rychlostí jsou uvedena v tabulce 5.2.4.2.

Bylo provedeno měření pro každou testovanou rychlost. Toto měření se opakovalo desetkrát a ze získaných dat byl proveden výpočet aritmetického průměru rychlosti vozidla podle vztahu 5.1.1.

Průměrná odchylka se následně dopočítala pomocí rozdílu rychlosti indikované na ukazateli okamžité rychlosti V_1 a průměrné rychlosti \bar{V} . Průběh průměrné odchylky v závislosti na rychlosti je zobrazen grafem (obr. 5.2.4.2).

Tab. 5.2.4.2: Naměřené hodnoty – Peugeot 207 1.4i 8V

V_1 [km·h ⁻¹]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130
1.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,1	37,9	47,8	57,4	68,0	75,7	86,4	96,0	106,1	125,2
2.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,4	38,3	47,4	56,2	67,8	77,9	86,2	96,0	106,5	127,7
3.měření V_2 [km·h ⁻¹]	29,0	38,3	48,1	57,4	66,8	76,2	87,0	95,0	107,4	125,4
4.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,7	38,1	47,7	57,4	66,8	77,4	87,1	96,8	107,0	127,0
5.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	37,8	47,6	57,7	66,5	77,3	86,2	96,9	106,4	126,5
6.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,8	39,2	46,9	56,9	67,2	76,1	86,3	96,9	106,5	127,0
7.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,8	37,0	47,4	54,5	67,4	76,7	86,9	97,0	106,1	126,5
8.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,7	37,1	46,9	56,9	66,5	76,7	87,0	97,0	105,9	125,7
9.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,0	38,0	47,5	57,5	68,0	76,7	85,8	96,5	106,4	126,5
10.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,6	37,6	47,3	56,8	66,8	77,4	86,9	96,5	106,4	126,5
\bar{V} [km·h ⁻¹]	28,30	37,93	47,46	56,87	67,18	76,81	86,58	96,46	106,47	126,40
Průměrná odchylka [km·h ⁻¹]	1,70	2,07	2,54	3,13	2,82	3,19	3,42	3,54	3,53	3,60



Obr. 5.2.4.2: Průběh odchyly v závislosti na rychlosti Peugeot 207 1.4 8V

Z grafu (obr. 5.2.4.2) průběhu odchyly v závislosti na rychlosti je jasně patrné, jakým způsobem se odchyly vyvíjí s rostoucí rychlostí – je zde proložen její nárůst – je lineární se spolehlivostí 83% a popsitelný danou rovnicí. Z hodnot získaných našim experimentálním měřením je patrné, že hodnoty průměrných odchylek pro zvolené rychlosti se u vozidla Peugeot 207 1.4 8V pohybují v rozmezí od 1,70 [km·h⁻¹] do 3,60 [km·h⁻¹].

5.2.5. Peugeot 307 SW 1.6HDi



Obr. 5.2.5.1: Peugeot 307 SW 1.6HDi

Tab. 5.2.5.1: Údaje o vozidle Peugeot 307 SW 1.6HDi

Rok výroby	2008	
Stav tachometru	73 530	km
Typ motoru	vznětový přeplňovaný	
Zdvihový objem motoru	1560	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	66	kW
při otáčkách	4000	min ⁻¹
Točivý moment motoru	215	Nm
při otáčkách	2150	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1469 - 1504	kg
Užitečná hmotnost	466 - 501	kg
Délka	4428	mm
Šířka	1762	mm
Výška	1560	mm
Rozvor	2708	mm
Rozměr pneu	195/65 R15	
Datum měření	13.4.2011	

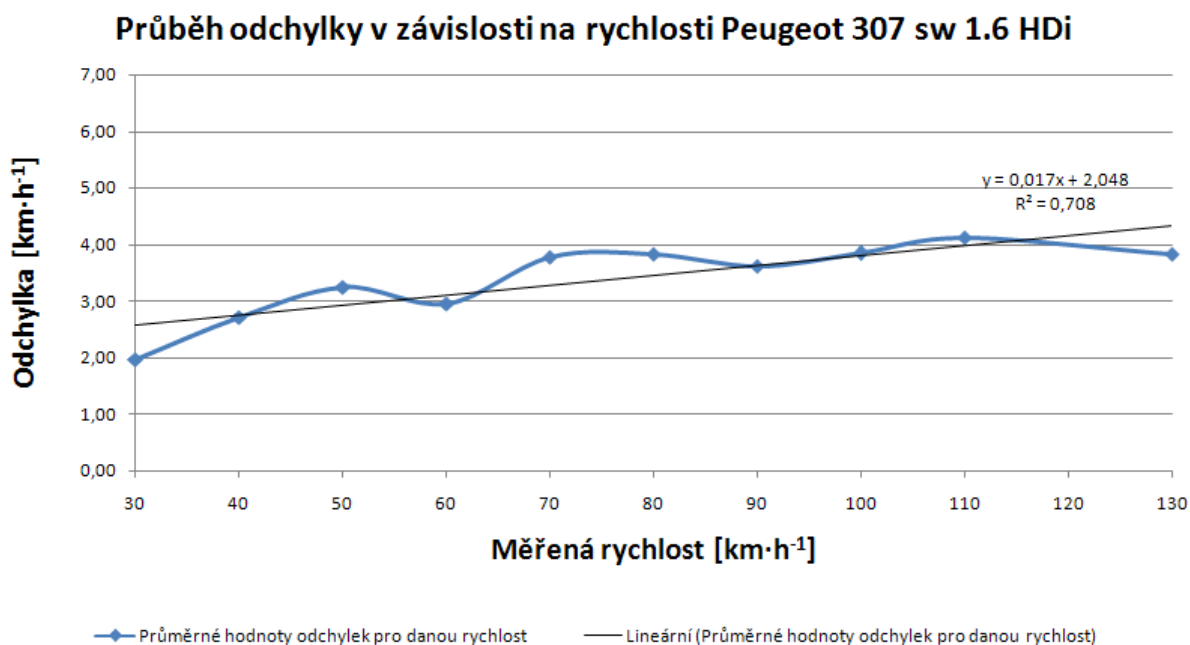
Vozidlo Peugeot 307 SW 1.6HDi bylo podrobena měření dle navržené metodiky, která je podrobněji popsána v kapitole 3.3. Získaná data skutečných rychlostí jsou uvedena v tabulce 5.2.5.2.

Bylo provedeno měření pro každou testovanou rychlost. Toto měření se opakovalo desetkrát a ze získaných dat byl proveden výpočet aritmetického průměru rychlosti vozidla podle vztahu 5.1.1.

Průměrná odchylka se následně dopočítala pomocí rozdílu rychlosti indikované na ukazateli okamžité rychlosti V_1 a průměrné rychlosti \bar{V} . Průběh průměrné odchylky v závislosti na rychlosti je zobrazen grafem (obr. 5.2.5.2).

Tab. 5.2.5.2: Naměřené hodnoty – Peugeot 307 SW 1.6HDi

V_1 [km·h ⁻¹]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130
1.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	37,1	46,0	57,1	65,8	76,4	85,3	96,2	105,4	125,8
2.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	37,0	46,0	57,1	65,6	75,2	86,5	96,0	105,9	126,0
3.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	37,5	47,2	58,1	65,8	76,7	86,9	95,6	106,4	126,3
4.měření V_2 [km·h ⁻¹]	29,4	37,3	47,3	57,1	66,3	77,1	86,0	96,0	106,6	125,6
5.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,2	37,8	46,9	56,7	66,2	73,3	86,5	96,8	104,7	126,4
6.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	37,3	46,5	57,4	65,8	76,7	87,0	96,2	106,4	126,3
7.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,0	36,8	47,1	56,4	66,1	75,6	86,7	96,4	106,4	126,4
8.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,6	37,5	45,7	57,8	67,3	77,4	86,5	96,3	105,5	126,3
9.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	37,6	48,0	56,8	66,6	76,8	86,1	95,8	105,3	126,4
10.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,7	37,0	46,9	56,0	66,7	76,5	86,3	96,3	106,2	126,3
\bar{V} [km·h ⁻¹]	28,04	37,29	46,76	57,05	66,22	76,17	86,38	96,16	105,88	126,18
Průměrná odchylka [km·h ⁻¹]	1,96	2,71	3,24	2,95	3,78	3,83	3,62	3,84	4,12	3,82



Obr. 5.2.5.2. Průběh odchyly v závislosti na rychlosti Peugeot 307 SW 1.6 HDi

Z grafu (obr. 5.2.5.2) průběhu odchyly v závislosti na rychlosti je jasně patrné, jakým způsobem se odchyly vyvíjí s rostoucí rychlostí – je zde proložen její nárůst – je lineární se spolehlivostí 71% a popsatelný danou rovnicí. Z hodnot získaných našim experimentálním měřením je patrné, že hodnoty průměrných odchylek pro zvolené rychlosti se u vozidla Peugeot 307 SW 1.6 HDi pohybují v rozmezí od 1,96 [km·h⁻¹] do 4,12 [km·h⁻¹].

5.2.6. Peugeot 807 2.0 HDi



Obr. 5.2.6.1: Peugeot 807 2.0HDI

Tab. 5.2.6.1: Údaje o vozidle Peugeot 807 2.0 HDi

Rok výroby	2008	
Stav tachometru	54 840	km
Typ motoru	vznětový přeplňovaný	
Zdvihový objem motoru	1997	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	6 + 1	
Výkon motoru	100	kW
při otáčkách	4000	min ⁻¹
Točivý moment motoru	320	Nm
při otáčkách	2000	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1818 - 1963	kg
Užitečná hmotnost	567 - 712	kg
Délka	4727	mm
Šířka	1850	mm
Výška	1752	mm
Rozvor	2823	mm
Rozměr pneu	215/65 R16	
Datum měření	18.4.2011	

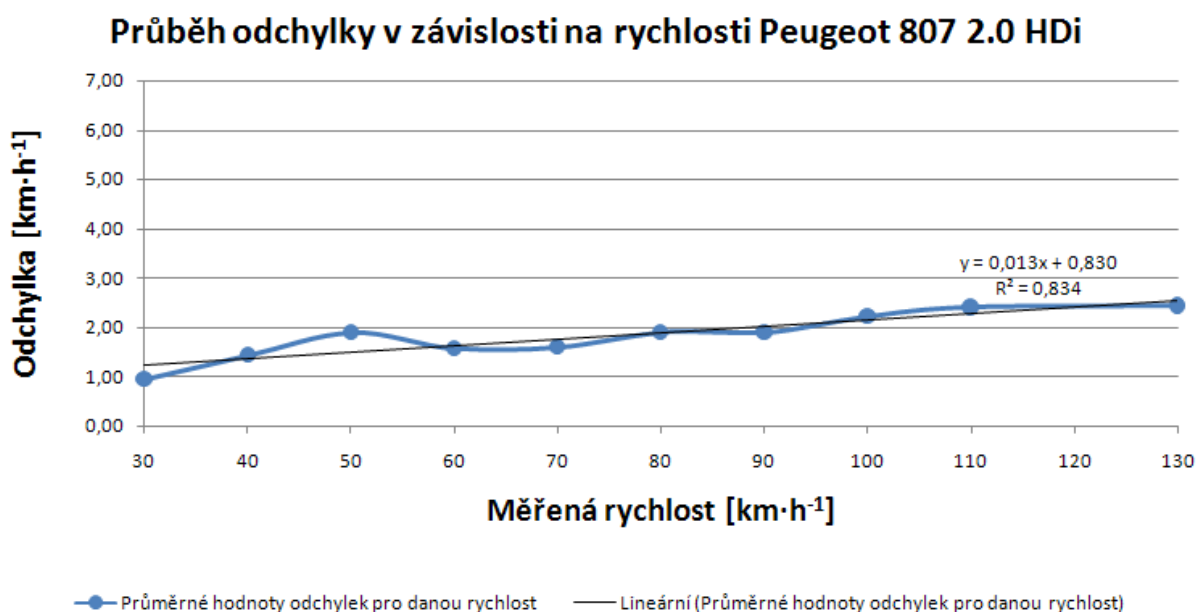
Vozidlo Peugeot 807 2.0 HDi bylo podrobena měření dle navržené metodiky, která je podrobněji popsána v kapitole 3.3. Získaná data skutečných rychlostí jsou uvedena v tabulce 5.2.6.2.

Bylo provedeno měření pro každou testovanou rychlost. Toto měření se opakovalo desetkrát a ze získaných dat byl proveden výpočet aritmetického průměru rychlosti vozidla podle vztahu 5.1.1.

Průměrná odchylka se následně dopočítala pomocí rozdílu rychlosti indikované na ukazateli okamžité rychlosti V_1 a průměrné rychlosti \bar{V} . Průběh průměrné odchylky v závislosti na rychlosti je zobrazen grafem (obr. 5.2.6.2).

Tab. 5.2.6.2: Naměřené hodnoty – Peugeot 807 2.0 HDi

V_1 [km·h ⁻¹]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130
1.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,9	38,7	48,3	58,7	68,3	78,5	88,3	96,3	105,9	126,9
2.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,8	38,0	47,9	58,8	67,9	77,6	87,8	97,5	107,4	127,3
3.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,8	39,2	48,1	58,0	69,1	77,7	88,1	98,0	107,7	128,5
4.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,9	37,7	48,0	58,6	68,4	78,2	88,2	97,8	106,4	127,0
5.měření V_2 [km·h ⁻¹]	29,2	38,8	48,3	58,2	68,3	77,7	88,2	98,1	108,6	128,4
6.měření V_2 [km·h ⁻¹]	29,1	37,6	48,2	58,2	68,4	78,4	88,4	97,4	108,0	128,6
7.měření V_2 [km·h ⁻¹]	29,6	38,7	48,3	58,3	68,3	78,0	87,8	98,0	108,6	127,0
8.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,8	38,7	47,8	58,7	68,6	78,5	87,9	98,6	107,5	128,3
9.měření V_2 [km·h ⁻¹]	29,1	38,8	47,8	58,4	68,5	78,2	88,4	97,8	108,0	126,9
10.měření V_2 [km·h ⁻¹]	29,3	39,5	48,4	58,4	68,3	78,2	87,9	98,3	107,9	126,8
\bar{V} [km·h ⁻¹]	29,05	38,57	48,11	58,43	68,41	78,10	88,10	97,78	107,60	127,57
Průměrná odchylka [km·h ⁻¹]	0,95	1,43	1,89	1,57	1,59	1,90	1,90	2,22	2,40	2,43



Obr. 5.2.6.2: Průběh odchylky v závislosti na rychlosti Peugeot 807 2.0 HDi

Z grafu (obr. 5.2.6.2) průběhu odchylky v závislosti na rychlosti je jasně patrné, jakým způsobem se odchylka vyvíjí s rostoucí rychlostí – je zde proložen její nárůst – je lineární se spolehlivostí 83% a popsatelný danou rovnicí. Z hodnot získaných našim experimentálním měřením je patrné, že hodnoty průměrných odchylek pro zvolené rychlosti se u vozidla Peugeot 807 2.0 HDi pohybují v rozmezí od 0,95 [km·h⁻¹] do 2,43 [km·h⁻¹].

5.2.7. Peugeot 207 1.4 HDi



Obr. 5.2.7.1: Peugeot 207 1.4 HDi

Tab. 5.2.7.1: Údaje o vozidle Peugeot 207 1.4 HDi

Rok výroby	2008	
Stav tachometru	77 200	km
Typ motoru	vznětový přeplňovaný	
Zdvihový objem motoru	1398	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	8	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	50	kW
při otáčkách	4000	min ⁻¹
Točivý moment motoru	150	Nm
při otáčkách	1750	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1261	kg
Užitečná hmotnost	399	kg
Délka	4030	mm
Šířka	1720	mm
Výška	1473	mm
Rozvor	2540	mm
Rozměr pneu	185/65 R15	
Datum měření	20.4.2011	

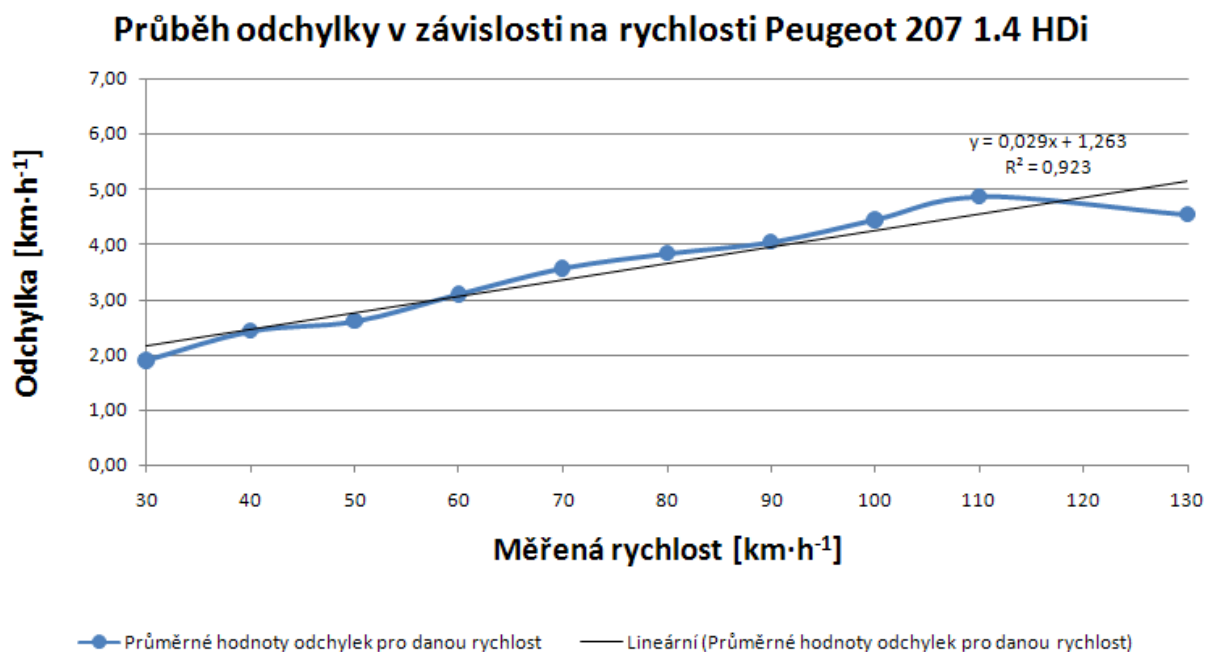
Vozidlo Peugeot 207 1.4 HDi bylo podrobno měření dle navržené metodiky, která je podrobněji popsána v kapitole 3.3. Získaná data skutečných rychlostí jsou uvedena v tabulce 5.2.7.2.

Bylo provedeno měření pro každou testovanou rychlost. Toto měření se opakovalo desetkrát a ze získaných dat byl proveden výpočet aritmetického průměru rychlosti vozidla podle vztahu 5.1.1.

Průměrná odchylka se následně dopočítala pomocí rozdílu rychlosti indikované na ukazateli okamžité rychlosti V_1 a průměrné rychlosti \bar{V} . Průběh průměrné odchylky v závislosti na rychlosti je zobrazen grafem (obr. 5.2.7.2).

Tab. 5.2.7.2: Naměřené hodnoty – Peugeot 207 1.4 HDi

V_1 [km·h ⁻¹]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130
1.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,6	38,5	48,2	57,3	66,4	75,8	86,9	95,8	104,5	125,6
2.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,8	38,1	47,0	57,2	66,7	75,8	85,7	95,6	105,2	125,4
3.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	37,0	47,4	56,8	66,6	76,1	85,8	95,0	105,5	125,0
4.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,0	38,0	47,6	57,4	66,5	76,2	85,9	95,5	105,3	125,3
5.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,2	38,0	47,6	57,2	66,4	76,5	85,9	95,5	105,0	125,6
6.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	36,5	46,9	56,8	67,2	76,2	86,3	95,5	104,1	125,5
7.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,3	37,2	46,6	57,3	66,4	76,1	85,9	95,8	105,5	125,4
8.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,2	37,0	48,0	57,4	66,6	76,6	86,1	95,2	105,4	125,9
9.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,1	38,1	47,2	54,9	65,2	75,8	85,4	95,8	105,5	125,7
10.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,1	37,3	47,4	56,8	66,5	76,6	85,7	96,0	105,4	125,3
\bar{V} [km·h ⁻¹]	28,11	37,57	47,39	56,91	66,45	76,17	85,96	95,57	105,14	125,47
Průměrná odchylka [km·h ⁻¹]	1,89	2,43	2,61	3,09	3,55	3,83	4,04	4,43	4,86	4,53



Obr. 5.2.7.2: Průběh odchyly v závislosti na rychlosti Peugeot 207 1.4 HDi

Z grafu (obr. 5.2.7.2) průběhu odchyly v závislosti na rychlosti je jasně patrné, jakým způsobem se odchyly vyvíjí s rostoucí rychlostí – je zde proložen její nárůst – je lineární se spolehlivostí 92% a popsitelný danou rovnicí. Z hodnot získaných našim experimentálním měřením je patrné, že hodnoty průměrných odchylek pro zvolené rychlosti se u vozidla Peugeot 207 1.4 HDi pohybují v rozmezí od 1,89 [km·h⁻¹] do 4,86 [km·h⁻¹].

5.2.8. Citroën C4 1.6 16V



Obr. 5.2.8.1 Citroën C4 1.6 16V

Tab. 5.2.8.1. Údaje o vozidle Citroën C4 1.6 16V

Rok výroby	2010	
Stav tachometru	8450	km
Typ motoru	zážehový	
Zdvihový objem motoru	1587	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	80	kW
při otáčkách	5800	min ⁻¹
Točivý moment motoru	147	Nm
při otáčkách	4000	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1275 - 1407	kg
Užitečná hmotnost	325 - 457	kg
Délka	4260	mm
Šířka	1773	mm
Výška	1458	mm
Rozvor	2608	mm
Rozměr pneu	205/55 R16	
Datum měření	20.4.2011	

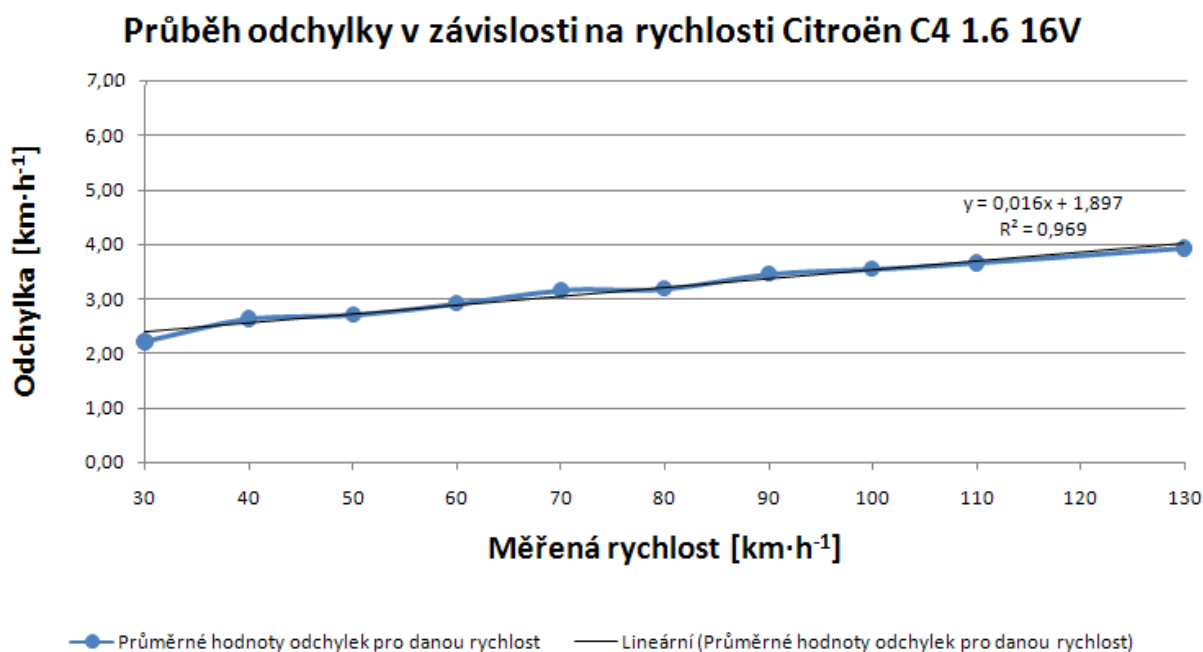
Vozidlo Citroën C4 1.6 16V bylo podrobno měření dle navržené metodiky, která je podrobněji popsána v kapitole 3.3. Získaná data skutečných rychlostí jsou uvedena v tabulce 5.2.8.2.

Bylo provedeno měření pro každou testovanou rychlost. Toto měření se opakovalo desetkrát a ze získaných dat byl proveden výpočet aritmetického průměru rychlosti vozidla podle vztahu 5.1.1.

Průměrná odchylka se následně dopočítala pomocí rozdílu rychlosti indikované na ukazateli okamžité rychlosti V_1 a průměrné rychlosti \bar{V} . Průběh průměrné odchylky v závislosti na rychlosti je zobrazen grafem (obr. 5.2.8.2).

Tab. 5.2.8.2: Naměřené hodnoty – Citroën C4 1.6 16V

V_1 [km·h ⁻¹]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130
1.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,5	37,5	46,8	56,6	66,7	76,6	86,3	96,1	106,4	126,0
2.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,5	37,3	46,5	56,5	66,2	76,6	86,2	96,6	105,9	125,9
3.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,1	36,9	47,2	57,1	66,7	76,8	86,7	96,6	106,4	125,5
4.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	37,8	47,4	57,6	67,3	77,3	86,8	96,3	106,9	125,9
5.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	37,5	47,4	57,3	66,6	76,1	86,2	96,4	105,9	126,0
6.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	37,1	47,1	57,6	66,7	76,6	86,3	96,5	106,9	126,4
7.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,8	37,7	46,9	56,8	66,8	76,9	86,7	96,7	105,9	126,2
8.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,5	38,1	47,8	57,2	67,6	77,0	86,9	96,5	106,7	125,5
9.měření V_2 [km·h ⁻¹]	27,9	37,1	47,8	57,2	66,4	77,1	86,7	96,5	106,3	126,3
10.měření V_2 [km·h ⁻¹]	28,0	36,8	48,0	57,0	67,4	77,2	86,6	96,4	106,2	127,1
\bar{V} [km·h ⁻¹]	27,80	37,38	47,29	57,09	66,84	76,82	86,54	96,46	106,35	126,08
Průměrná odchylka [km·h ⁻¹]	2,20	2,62	2,71	2,91	3,16	3,18	3,46	3,54	3,65	3,92



Obr. 5.2.8.2: Průběh odchyly v závislosti na rychlosti Citroën C4 1.6 16V

Z grafu (obr. 5.2.8.2) průběhu odchyly v závislosti na rychlosti je jasné patrné, jakým způsobem se odchyly vyvíjí s rostoucí rychlostí – je zde proložen její nárůst – je lineární se spolehlivostí 97% a popsitelný danou rovnicí. Z hodnot získaných našim experimentálním měřením je patrné, že hodnoty průměrných odchylek pro zvolené rychlosti se u vozidla Citroën C4 1.6 16V pohybují v rozmezí od 2,20 [km·h⁻¹] do 3,92 [km·h⁻¹].

5.2.9. Kia Venga 1.6 CVVT



Obr. 5.2.9.1: Kia Venga 1.6 CVVT

Tab. 5.2.9.1. Údaje o vozidle Kia Venga 1.6 CVVT

Rok výroby	2010	
Stav tachometru	38 300	km
Typ motoru	zážehový	
Zdvihový objem motoru	1591	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	92	kW
při otáčkách	6300	min ⁻¹
Točivý moment motoru	156	Nm
při otáčkách	4200	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1255	kg
Užitečná hmotnost	455	kg
Délka	4068	mm
Šířka	1765	mm
Výška	1600	mm
Rozvor	2615	mm
Rozměr pneu	205/55 R16	
Datum měření	11.4.2011	

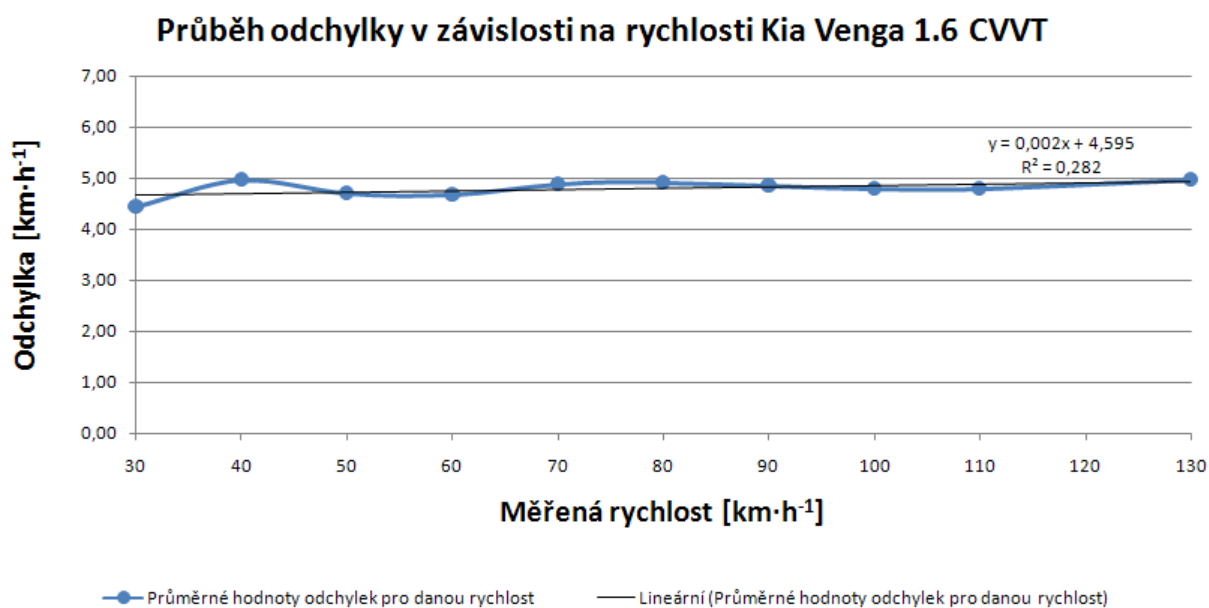
Vozidlo Kia Venga 1.6 CVVT bylo podrobno měření dle navržené metodiky, která je podrobněji popsána v kapitole 3.3. Získaná data skutečných rychlostí jsou uvedena v tabulce 5.2.9.2.

Bylo provedeno měření pro každou testovanou rychlost. Toto měření se opakovalo desetkrát a ze získaných dat byl proveden výpočet aritmetického průměru rychlosti vozidla podle vztahu 5.1.1.

Průměrná odchylka se následně dopočítala pomocí rozdílu rychlosti indikované na ukazateli okamžité rychlosti V_1 a průměrné rychlosti \bar{V} . Průběh průměrné odchylky v závislosti na rychlosti je zobrazen grafem (obr. 5.2.9.2).

Tab. 5.2.9.2: Naměřené hodnoty – Kia Venga 1.6 CVVT

V_1 [km·h ⁻¹]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130
1.měření V_2 [km·h ⁻¹]	25,9	35,1	45,4	55,8	64,9	75,1	85,2	95,5	105,1	125,6
2.měření V_2 [km·h ⁻¹]	24,8	35,0	45,3	55,3	65,1	74,9	85,0	95,5	104,9	124,7
3.měření V_2 [km·h ⁻¹]	26,1	34,6	45,2	55,2	65,1	75,4	85,2	95,3	105,5	124,0
4.měření V_2 [km·h ⁻¹]	25,4	34,7	45,3	55,3	65,0	74,8	85,3	95,2	105,2	125,3
5.měření V_2 [km·h ⁻¹]	25,5	35,3	45,6	55,7	65,2	75,2	85,6	95,0	104,7	124,9
6.měření V_2 [km·h ⁻¹]	25,4	34,8	45,2	55,1	64,7	75,6	84,8	95,7	105,8	125,2
7.měření V_2 [km·h ⁻¹]	25,8	35,5	45,3	54,9	65,5	74,7	85,2	94,8	105,5	124,8
8.měření V_2 [km·h ⁻¹]	26,1	34,9	45,0	55,6	64,8	74,9	84,9	94,9	105,2	125,5
9.měření V_2 [km·h ⁻¹]	24,9	35,3	45,8	55,5	65,8	75,2	85,0	95,0	104,9	125,0
10.měření V_2 [km·h ⁻¹]	25,7	35,2	44,9	54,8	65,1	75,1	85,4	95,2	105,3	125,3
\bar{V} [km·h ⁻¹]	25,56	35,04	45,30	55,32	65,12	75,09	85,16	95,21	105,21	125,03
Průměrná odchylka [km·h ⁻¹]	4,44	4,96	4,70	4,68	4,88	4,91	4,84	4,79	4,79	4,97

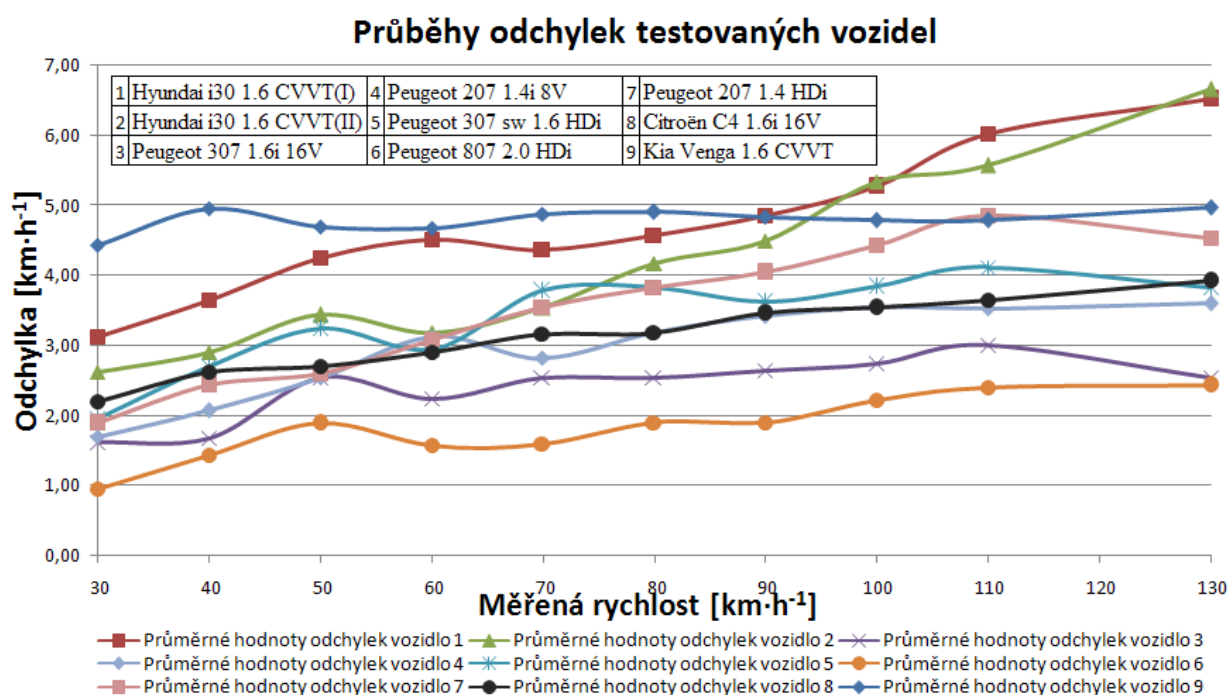


Obr. 5.2.9.2: Průběh odchyly v závislosti na rychlosti Kia Venga 1.6 CVVT

Z grafu (obr. 5.2.9.2) nelze pozorovat, že by docházelo k nárůstu odchyly s rostoucí rychlostí. Pro přesnější posouzení průběhu odchyly tohoto vozidla by bylo nutné provést větší počet měření, aby bylo z většího počtu hodnot možno vypočítat změny, ke kterým dochází v závislosti na rychlosti. Z hodnot získaných experimentálním měřením je patrné, že hodnoty průměrných odchylek pro zvolené rychlosti se u vozidla Kia Venga 1.6 CVVT pohybují v rozmezí od 4,44 [km·h⁻¹] do 4,97 [km·h⁻¹].

5.3. Porovnání hodnot získaných měření

Pro porovnání naměřených odchylek všech vozidel si nejprve zhotovíme vizualizaci pro přehledné grafické znázornění (obr. 5.3). Již při pohledu na jejich průběhy je patrné, že napříč celým vozidlovým spektrem dosahují odchylky podobných hodnot z hlediska velikosti. Při podrobnějším zkoumání vidíme tendence jednotlivých odchylek, jak se vyvíjí v porovnání s ostatními.



Obr. 5.3.1: Průběhy odchylek testovaných vozidel³⁸

³⁸ Čísla 1 až 9 představují jednotlivá vozidla dle následující poznámky:

1	Hyundai i30 1.6 CVVT(I)	4	Peugeot 207 1.4i 8V	7	Peugeot 207 1.4 HDi
2	Hyundai i30 1.6 CVVT(II)	5	Peugeot 307 SW 1.6 HDi	8	Citroën C4 1.6i 16V
3	Peugeot 307 1.6i 16V	6	Peugeot 807 2.0 HDi	9	Kia Venga 1.6 CVVT

Následně provedeme výpočet nejistot typu A, B a kombinované standardní nejistoty dle postupu uvedeného v kapitole 5.1. Rozhodl jsem se provést vzorový výpočet pro hodnotu $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, dále budou zpracovány tabulky s výslednými hodnotami pro rychlost $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.³⁹

Výběr těchto rychlostí nám umožní porovnat hodnoty odchylek rychlostí indikovaných na ukazateli okamžité rychlosti oproti hodnotám skutečným na hranici povolených rychlostních limitů v ČR, tedy při pohybu v obci rychlostí $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, při pohybu mimo obec rychlostí $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a při dálniční jízdě rychlostí $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Pro výpočet a vyhodnocení našich dat je nutno nejprve seskupit data, ze kterých budeme vycházet.

Výsledné hodnoty získané měřením pro rychlost $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ jsou uvedeny v tab. 5.3.1.

Tab. 5.3.1: Hodnoty skutečných rychlostí získané měřením pro rychlost $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

vozidlo: ⁴⁰	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	46,4	45,9	47,7	47,8	46,0	48,3	48,2	46,8	45,4
2.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	45,8	46,6	47,7	47,4	46,0	47,9	47,0	46,5	45,3
3.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	46,8	47,3	47,8	48,1	47,2	48,1	47,4	47,2	45,2
4.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	45,1	46,0	46,4	47,7	47,3	48,0	47,6	47,4	45,3
5.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	45,6	47,4	47,2	47,6	46,9	48,3	47,6	47,4	45,6
6.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	45,8	46,9	48,1	46,9	46,5	48,2	46,9	47,1	45,2
7.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	47,4	46,0	47,0	47,4	47,1	48,3	46,6	46,9	45,3
8.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	44,6	45,1	47,8	46,9	45,7	47,8	48,0	47,8	45,0
9.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	44,7	47,5	46,9	47,5	48,0	47,8	47,2	47,8	45,8
10.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	45,3	46,9	48,0	47,3	46,9	48,4	47,4	48,0	44,9
$\bar{V} \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	45,75	46,56	47,46	47,46	46,76	48,11	47,39	47,29	45,3

³⁹ Tabulky jsou zpracovány v programu Microsoft Excel a přiloženy na CD jako příloha diplomové práce.

⁴⁰ Čísla 1 až 9 představují jednotlivá vozidla dle následující poznámky:

1	Hyundai i30 1.6 CVVT(I)	4	Peugeot 207 1.4i 8V	7	Peugeot 207 1.4 HDi
2	Hyundai i30 1.6 CVVT(II)	5	Peugeot 307 SW 1.6 HDi	8	Citroën C4 1.6i 16V
3	Peugeot 307 1.6i 16V	6	Peugeot 807 2.0 HDi	9	Kia Venga 1.6 CVVT

Dále provádíme výpočet dle postupu uvedeného v kapitole. 5.1.

Výsledné hodnoty získané výpočty pro rychlost 50 [km·h⁻¹] jsou uvedeny v tabulce 5.3.2.

Tab. 5.3.2. Nejistoty měření pro rychlost 50 km·h⁻¹ ⁴¹

vozidlo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
nejistota typ A [km·h ⁻¹]	0,90	0,79	0,55	0,37	0,71	0,22	0,49	0,48	0,26
horní odchylka [km·h ⁻¹]	47,55	48,13	48,57	48,21	48,18	48,56	48,37	48,26	45,82
dolní odchylka [km·h ⁻¹]	43,95	44,99	46,35	46,71	45,34	47,66	46,41	46,32	44,78
nejistota typ B [km·h ⁻¹]	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
kombinovaná standardní nejistota [km·h ⁻¹]	6,07	6,06	6,03	6,02	6,05	6,01	6,02	6,02	6,01
horní mez [km·h ⁻¹]	48,79	49,59	50,47	50,47	49,78	51,11	50,40	50,30	48,31
dolní mez [km·h ⁻¹]	42,71	43,53	44,45	44,45	43,74	45,11	44,38	44,28	42,29

Jak již bylo uvedeno v kapitole 1.2. Pro udělení homologace dle EHS (75/0443) ze dne 26. června 1975 o sbližování právních předpisů členských států musí platit vztah mezi rychlostí udávanou na číselníku rychloměru (v_1) a skutečnou rychlostí (v_2):

$$0 \leq v_1 - v_2 \leq \frac{v_2}{10} + 4 \text{ km/h} \quad (1.2.1)$$

Na základě výsledků měření ověřím, zda testovaná vozidla vyhovují z hlediska splnění této podmínky pro udělování homologace pro rychlost 50 km·h⁻¹. První část této podmínky nám říká, že indikovaná rychlost na ukazateli okamžité rychlosti nesmí být nikdy nižší než skutečná rychlost. Při našem měření tento případ nikdy nenastal, proto se zaměříme na druhou část vztahu. Ta nám říká, že rozdíl rychlosti udávané na číselníku rychloměru a skutečné rychlosti nesmí mít vyšší hodnotu než jedna desetina skutečné rychlosti + 4 km/h. Pro ověření platnosti vztahu (1.2.1) využijeme výpočtů pomocí programu Microsoft Excel. Výsledné hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 5.3.3.

⁴¹ Čísla 1 až 9 představují jednotlivá vozidla dle následující poznámky:

1	Hyundai i30 1.6 CVVT(I)	4	Peugeot 207 1.4i 8V	7	Peugeot 207 1.4 HDi
2	Hyundai i30 1.6 CVVT(II)	5	Peugeot 307 SW 1.6 HDi	8	Citroën C4 1.6i 16V
3	Peugeot 307 1.6i 16V	6	Peugeot 807 2.0 HDi	9	Kia Venga 1.6 CVVT

Tab. 5.3.3: Hodnoty pro posouzení platnosti vztahu 1.2.1. – pro rychlost 50 km·h⁻¹ ⁴²

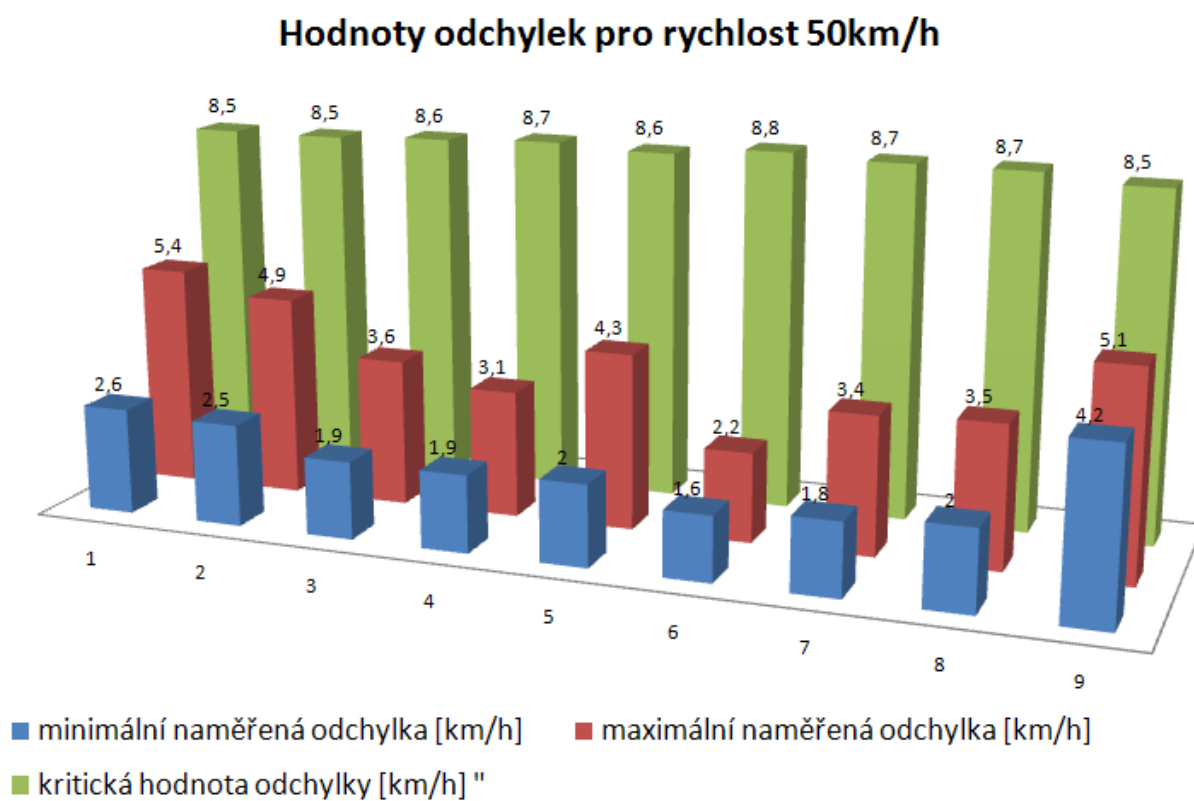
vozidlo ⁴³	1		2		3		4		5	
měření	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4
1.	3,6	8,64	4,1	8,59	2,3	8,77	2,2	8,78	4,0	8,6
2.	4,2	8,58	3,4	8,66	2,3	8,77	2,6	8,74	4,0	8,6
3.	3,2	8,68	2,7	8,73	2,2	8,78	1,9	8,81	2,8	8,72
4.	4,9	8,51	4,0	8,6	3,6	8,64	2,3	8,77	2,7	8,73
5.	4,4	8,56	2,6	8,74	2,8	8,72	2,4	8,76	3,1	8,69
6.	4,2	8,58	3,1	8,69	1,9	8,81	3,1	8,69	3,5	8,65
7.	2,6	8,74	4,0	8,6	3,0	8,7	2,6	8,74	2,9	8,71
8.	5,4	8,46	4,9	8,51	2,2	8,78	3,1	8,69	4,3	8,57
9.	5,3	8,47	2,5	8,75	3,1	8,69	2,5	8,75	2,0	8,8
10.	4,7	8,53	3,1	8,69	2,0	8,8	2,7	8,73	3,1	8,69
\bar{V}	4,3	8,575	3,4	8,656	2,5	8,746	2,5	8,746	3,2	8,676
min.	2,6	8,7	2,5	8,8	1,9	8,8	1,9	8,8	2,0	8,8
max.	5,4	8,5	4,9	8,5	3,6	8,6	3,1	8,7	4,3	8,6
vozidlo ⁴³	6		7		8		9			
měření	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4		
1.	1,7	8,83	1,8	8,82	3,2	8,68	4,6	8,54		
2.	2,1	8,79	3,0	8,7	3,5	8,65	4,7	8,53		
3.	1,9	8,81	2,6	8,74	2,8	8,72	4,8	8,52		
4.	2,0	8,8	2,4	8,76	2,6	8,74	4,7	8,53		
5.	1,7	8,83	2,4	8,76	2,6	8,74	4,4	8,56		
6.	1,8	8,82	3,1	8,69	2,9	8,71	4,8	8,52		
7.	1,7	8,83	3,4	8,66	3,1	8,69	4,7	8,53		
8.	2,2	8,78	2,0	8,8	2,2	8,78	5,0	8,5		
9.	2,2	8,78	2,8	8,72	2,2	8,78	4,2	8,58		
10.	1,6	8,84	2,6	8,74	2,0	8,8	5,1	8,49		
\bar{V}	1,9	8,811	2,6	8,739	2,7	8,729	4,7	8,53		
min.	1,6	8,8	1,8	8,8	2,0	8,8	4,2	8,6		
max.	2,2	8,8	3,4	8,7	3,5	8,7	5,1	8,5		

⁴² Hodnoty odchylek uvedené v tabulce jsou v km·h⁻¹

⁴³ Čísla 1 až 9 představují jednotlivá vozidla dle následující poznámky:

1	Hyundai i30 1.6 CVVT(I)	4	Peugeot 207 1.4i 8V	7	Peugeot 207 1.4 HDi
2	Hyundai i30 1.6 CVVT(II)	5	Peugeot 307 SW 1.6 HDi	8	Citroën C4 1.6i 16V
3	Peugeot 307 1.6i 16V	6	Peugeot 807 2.0 HDi	9	Kia Venga 1.6 CVVT

Z vypočítaných hodnot (tab. 5.3.3.) sestojíme graf, který nám přehledně zobrazí kritické hodnoty a hodnoty skutečně naměřené. Z něj pak lze zřetelně vypožorovat, jaké jsou případné rezervy v naměřených respektive vypočítaných odchylkách (obr. 5.3.2).



Obr. 5.3.2: Hodnoty odchylek pro rychlost 50 km/h

Výsledné hodnoty získané měřením pro rychlost $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ jsou uvedeny v tab. 5.3.4.

Tab. 5.3.4: Hodnoty skutečných rychlostí získaných měřením pro rychlost $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

vozidlo: ⁴⁴	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	84,7	85,6	87,5	86,4	85,3	88,3	86,9	86,3	85,2
2.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	85,4	85,0	87,5	86,2	86,5	87,8	85,7	86,2	85,0
3.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	85,4	86,7	87,5	87,0	86,9	88,1	85,8	86,7	85,2
4.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	85,7	84,7	87,3	87,1	86,0	88,2	85,9	86,8	85,3
5.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	84,8	84,7	87,2	86,2	86,5	88,2	85,9	86,2	85,6
6.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	84,1	86,0	87,5	86,3	87,0	88,4	86,3	86,3	84,8
7.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	85,1	85,7	87,5	86,9	86,7	87,8	85,9	86,7	85,2
8.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	85,9	85,4	87,5	87,0	86,5	87,9	86,1	86,9	84,9
9.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	85,1	86,3	87,4	85,8	86,1	88,4	85,4	86,7	85,0
10.měření $V_2 \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	85,2	84,9	86,6	86,9	86,3	87,9	85,7	86,6	85,4
$\bar{V} \text{ [km}\cdot\text{h}^{-1}]$	85,14	85,5	87,35	86,58	86,38	88,1	85,96	86,54	85,16

Výsledné hodnoty získané výpočty pro rychlost $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ jsou uvedeny v tabulce 5.3.5.

Tab. 5.3.5. Nejistoty měření pro rychlost $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

vozidlo: ⁴⁴	1	2	3	4	5	6	7	8	9
nejistota typ A $[\text{km}\cdot\text{h}^{-1}]$	0,52	0,69	0,28	0,45	0,49	0,24	0,41	0,26	0,24
horní odchylka $[\text{km}\cdot\text{h}^{-1}]$	86,18	86,88	87,92	87,48	87,37	88,57	86,78	87,07	85,64
dolní odchylka $[\text{km}\cdot\text{h}^{-1}]$	84,10	84,12	86,78	85,68	85,39	87,63	85,14	86,01	84,68
nejistota typ B $[\text{km}\cdot\text{h}^{-1}]$	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
kombinovaná standardní nejistota $[\text{km}\cdot\text{h}^{-1}]$	6,03	6,04	6,01	6,02	6,02	6,01	6,02	6,01	6,01
horní mez $[\text{km}\cdot\text{h}^{-1}]$	88,15	88,52	90,36	89,59	89,39	91,10	88,97	89,55	88,16
dolní mez $[\text{km}\cdot\text{h}^{-1}]$	82,13	82,48	84,34	83,57	83,37	85,10	82,95	83,53	82,16

⁴⁴ Čísla 1 až 9 představují jednotlivá vozidla dle následující poznámky:

1	Hyundai i30 1.6 CVVT(I)	4	Peugeot 207 1.4i 8V	7	Peugeot 207 1.4 HDi
2	Hyundai i30 1.6 CVVT(II)	5	Peugeot 307 SW 1.6 HDi	8	Citroën C4 1.6i 16V
3	Peugeot 307 1.6i 16V	6	Peugeot 807 2.0 HDi	9	Kia Venga 1.6 CVVT

Jak již bylo uvedeno v kapitole 1.2. Pro udělení homologace dle EHS (75/0443) ze dne 26. června 1975 o sbližování právních předpisů členských států musí platit vztah mezi rychlostí udávanou na číselníku rychloměru (v_1) a skutečnou rychlostí (v_2):⁴⁵

$$0 \leq v_1 - v_2 \leq \frac{v_2}{10} + 4 \text{ km/h} \quad (1.2.1)$$

Na základě výsledků měření ověřím, zda testovaná vozidla vyhovují z hlediska splnění této podmínky pro udělování homologace pro rychlost $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. První část této podmínky nám říká, že indikovaná rychlost na ukazateli okamžité rychlosti nesmí být nikdy nižší než skutečná rychlost. Při našem měření tento případ nikdy nenastal, proto se zaměříme na druhou část vztahu. Ta nám říká, že rozdíl rychlosti udávané na číselníku rychloměru a skutečné rychlosti nesmí mít vyšší hodnotu než jedna desetina skutečné rychlosti + 4 km/h. Pro ověření platnosti vztahu (1.2.1) využijeme výpočtů pomocí programu Microsoft Excel. Výsledné hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 5.3.6.

⁴⁵ evropská směrnice 75/443/EHS * poslední úprava (97/39/ES)

Tab. 5.3.6. Hodnoty pro posouzení platnosti vztahu 1.2.1. – pro rychlost 90 km·h⁻¹ ⁴⁶

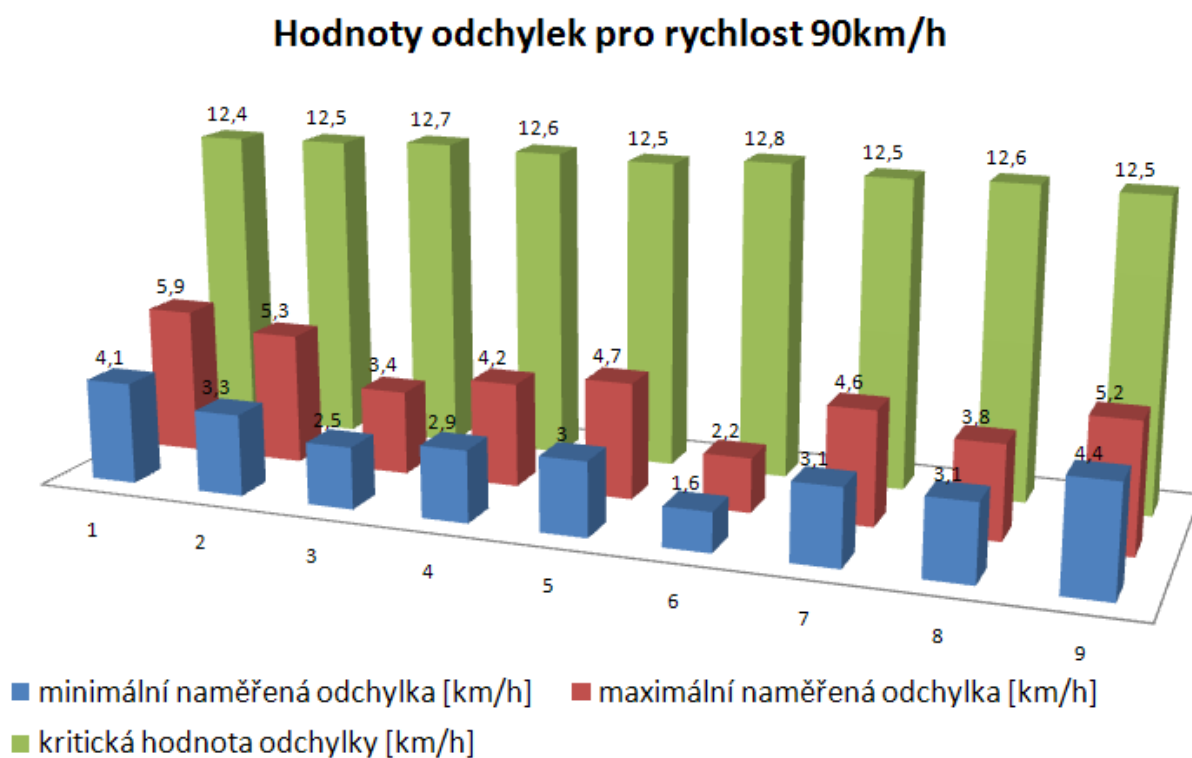
vozidlo ⁴⁷	1		2		3		4		5	
měření	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4
1.	5,3	12,47	4,4	12,56	2,5	12,75	3,6	12,64	4,7	12,53
2.	4,6	12,54	5,0	12,5	2,5	12,75	3,8	12,62	3,5	12,65
3.	4,6	12,54	3,3	12,67	2,5	12,75	3,0	12,7	3,1	12,69
4.	4,3	12,57	5,3	12,47	2,7	12,73	2,9	12,71	4,0	12,6
5.	5,2	12,48	5,3	12,47	2,8	12,72	3,8	12,62	3,5	12,65
6.	5,9	12,41	4,0	12,6	2,5	12,75	3,7	12,63	3,0	12,7
7.	4,9	12,51	4,3	12,57	2,5	12,75	3,1	12,69	3,3	12,67
8.	4,1	12,59	4,6	12,54	2,5	12,75	3,0	12,7	3,5	12,65
9.	4,9	12,51	3,7	12,63	2,6	12,74	4,2	12,58	3,9	12,61
10.	4,8	12,52	5,1	12,49	3,4	12,66	3,1	12,69	3,7	12,63
\bar{V}	4,9	12,514	4,5	12,55	2,7	12,735	3,4	12,658	3,6	12,638
min.	4,1	12,6	3,3	12,7	2,5	12,8	2,9	12,7	3,0	12,7
max.	5,9	12,4	5,3	12,5	3,4	12,7	4,2	12,6	4,7	12,5
vozidlo ⁴⁷	6		7		8		9			
měření	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4	v ₁ -v ₂	v ₂ /10 +4		
1.	1,7	12,83	3,1	12,69	3,7	12,63	4,8	12,52		
2.	2,2	12,78	4,3	12,57	3,8	12,62	5,0	12,5		
3.	1,9	12,81	4,2	12,58	3,3	12,67	4,8	12,52		
4.	1,8	12,82	4,1	12,59	3,2	12,68	4,7	12,53		
5.	1,8	12,82	4,1	12,59	3,8	12,62	4,4	12,56		
6.	1,6	12,84	3,7	12,63	3,7	12,63	5,2	12,48		
7.	2,2	12,78	4,1	12,59	3,3	12,67	4,8	12,52		
8.	2,1	12,79	3,9	12,61	3,1	12,69	5,1	12,49		
9.	1,6	12,84	4,6	12,54	3,3	12,67	5,0	12,5		
10.	2,1	12,79	4,3	12,57	3,4	12,66	4,6	12,54		
\bar{V}	1,9	12,81	4,0	12,596	3,5	12,654	4,8	12,516		
min.	1,6	12,8	3,1	12,7	3,1	12,7	4,4	12,6		
max.	2,2	12,8	4,6	12,5	3,8	12,6	5,2	12,5		

⁴⁶ Hodnoty odchylek uvedené v tabulce jsou v km·h⁻¹

⁴⁷ Čísla 1 až 9 představují jednotlivá vozidla dle následující poznámky:

1	Hyundai i30 1.6 CVVT(I)	4	Peugeot 207 1.4i 8V	7	Peugeot 207 1.4 HDi
2	Hyundai i30 1.6 CVVT(II)	5	Peugeot 307 SW 1.6 HDi	8	Citroën C4 1.6i 16V
3	Peugeot 307 1.6i 16V	6	Peugeot 807 2.0 HDi	9	Kia Venga 1.6 CVVT

Z vypočítaných hodnot (tab. 5.3.6.) sestojíme graf, který nám přehledně zobrazí kritické hodnoty a hodnoty skutečně naměřené. Z něj pak lze zřetelně vypožorovat, jaké jsou případné rezervy v naměřených respektive vypočítaných odchylkách (obr. 5.3.3).



Obr. 5.3.3: Hodnoty odchylek pro rychlost 90 km/h

Výsledné hodnoty získané měřením pro rychlost $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ jsou uvedeny v tab. 5.3.7.

Tab. 5.3.7: Hodnoty skutečných rychlostí získané měřením pro rychlost $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

vozidlo: ⁴⁸	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.měření V_2 [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	124,2	123,8	127,5	125,2	125,8	126,9	125,6	126,0	125,6
2.měření V_2 [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	122,4	123,3	126,6	127,7	126,0	127,3	125,4	125,9	124,7
3.měření V_2 [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	124,2	123,7	128,0	125,4	126,3	128,5	125,0	125,5	124,0
4.měření V_2 [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	124,4	122,1	127,8	127,0	125,6	127,0	125,3	125,9	125,3
5.měření V_2 [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	123,6	121,8	126,8	126,5	126,4	128,4	125,6	126,0	124,9
6.měření V_2 [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	122,3	123,6	127,6	127,0	126,3	128,6	125,5	126,4	125,2
7.měření V_2 [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	123,6	123,3	128,0	126,5	126,4	127,0	125,4	126,2	124,8
8.měření V_2 [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	123,6	123,6	127,7	125,7	126,3	128,3	125,9	125,5	125,5
9.měření V_2 [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	123,9	124,3	127,3	126,5	126,4	126,9	125,7	126,3	125,0
10.měření V_2 [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	122,6	123,9	127,2	126,5	126,3	126,8	125,3	127,1	125,3
\bar{V} [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	123,48	123,34	127,45	126,4	126,18	127,57	125,47	126,08	125,03

Dále provádíme výpočet dle postupu uvedeného v kap. 5.1.

Výsledné hodnoty získané výpočty pro rychlost $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ jsou uvedeny v tabulce 5.3.8.

Tab. 5.3.8. Nejistoty měření pro rychlost $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

vozidlo: ⁴⁸	1	2	3	4	5	6	7	8	9
nejistota typ A [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	0,78	0,79	0,48	0,77	0,28	0,77	0,25	0,47	0,47
horní odchylka [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	125,03	124,92	128,40	127,95	126,74	129,11	125,97	127,01	125,96
dolní odchylka [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	121,93	121,76	126,50	124,85	125,62	126,03	124,97	125,15	124,10
nejistota typ B [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
kombinovaná standardní nejistota [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	6,05	6,06	6,02	6,05	6,01	6,05	6,01	6,02	6,02
horní mez [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	126,51	126,37	130,46	129,43	129,19	130,60	128,47	129,09	128,04
dolní mez [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	120,45	120,31	124,44	123,37	123,17	124,54	122,47	123,07	122,02

⁴⁸ Čísla 1 až 9 představují jednotlivá vozidla dle následující poznámky:

1	Hyundai i30 1.6 CVVT(I)	4	Peugeot 207 1.4i 8V	7	Peugeot 207 1.4 HDi
2	Hyundai i30 1.6 CVVT(II)	5	Peugeot 307 SW 1.6 HDi	8	Citroën C4 1.6i 16V
3	Peugeot 307 1.6i 16V	6	Peugeot 807 2.0 HDi	9	Kia Venga 1.6 CVVT

Jak již bylo uvedeno v kapitole 1.2. Pro udělení homologace dle EHS (75/0443) ze dne 26. června 1975 o sbližování právních předpisů členských států musí platit vztah mezi rychlostí udávanou na číselníku rychloměru (v_1) a skutečnou rychlostí (v_2):⁴⁹

$$0 \leq v_1 - v_2 \leq \frac{v_2}{10} + 4 \text{ km/h} \quad (1.2.1)$$

Na základě výsledků měření ověřím, zda testovaná vozidla vyhovují z hlediska splnění této podmínky pro udělování homologace pro rychlost $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. První část této podmínky nám říká, že indikovaná rychlost na ukazateli okamžité rychlosti nesmí být nikdy nižší než skutečná rychlost. Při našem měření tento případ nikdy nenastal, proto se zaměříme na druhou část vztahu. Ta nám říká, že rozdíl rychlosti udávané na číselníku rychloměru a skutečné rychlosti nesmí mít vyšší hodnotu než jedna desetina skutečné rychlosti + 4 km/h. Pro ověření platnosti vztahu (1.2.1) využijeme výpočtů pomocí programu Microsoft Excel. Výsledné hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 5.3.9.

⁴⁹ evropská směrnice 75/443/EHS * poslední úprava (97/39/ES)

Tab. 5.3.9: Hodnoty pro posouzení platnosti vztahu 1.2.1. – pro rychlost 130 km·h⁻¹ ⁵⁰

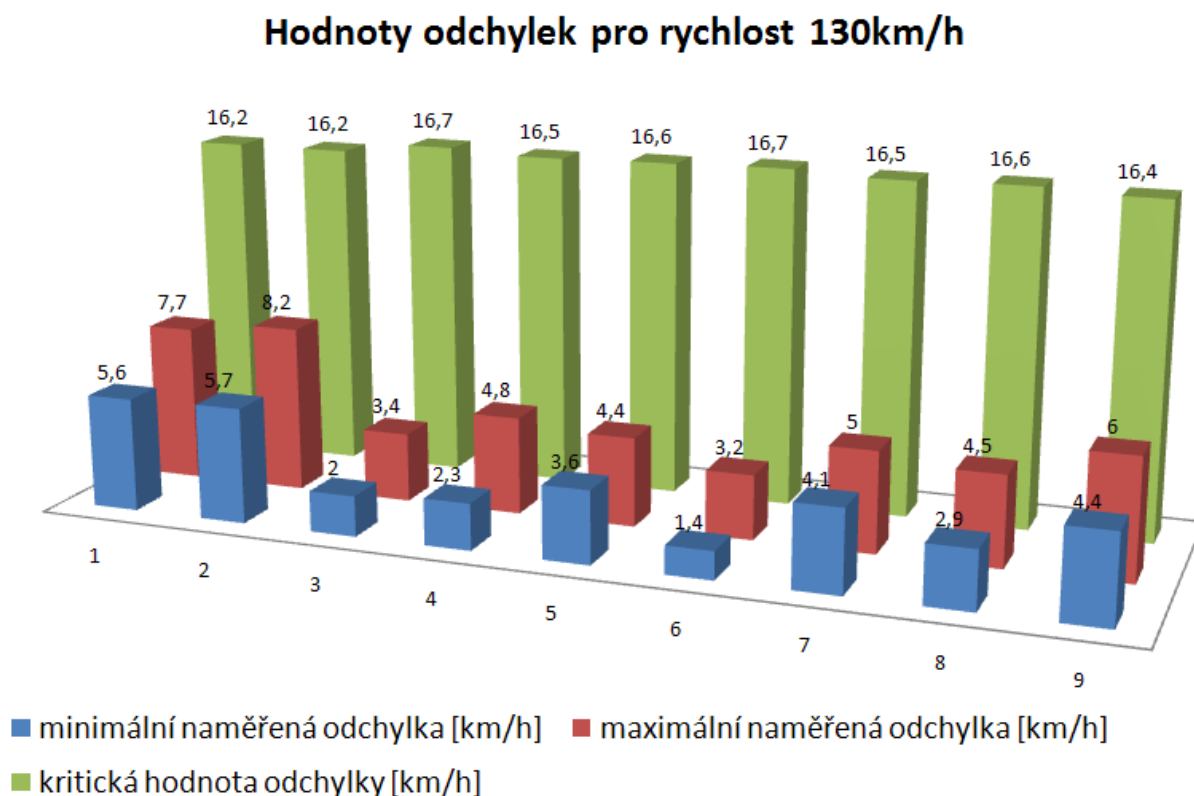
vozidlo ⁵¹	1		2		3		4		5	
měření	v1-v2	v2/10 +4	v1-v2	v2/10 +4	v1-v2	v2/10 +4	v1-v2	v2/10 +4	v1-v2	v2/10 +4
1.	5,8	16,42	6,2	16,38	2,5	16,75	4,8	16,52	4,2	16,58
2.	7,6	16,24	6,7	16,33	3,4	16,66	2,3	16,77	4,0	16,6
3.	5,8	16,42	6,3	16,37	2,0	16,8	4,6	16,54	3,7	16,63
4.	5,6	16,44	7,9	16,21	2,2	16,78	3,0	16,7	4,4	16,56
5.	6,4	16,36	8,2	16,18	3,2	16,68	3,5	16,65	3,6	16,64
6.	7,7	16,23	6,4	16,36	2,4	16,76	3,0	16,7	3,7	16,63
7.	6,4	16,36	6,7	16,33	2,0	16,8	3,5	16,65	3,6	16,64
8.	6,4	16,36	6,4	16,36	2,3	16,77	4,3	16,57	3,7	16,63
9.	6,1	16,39	5,7	16,43	2,7	16,73	3,5	16,65	3,6	16,64
10.	7,4	16,26	6,1	16,39	2,8	16,72	3,5	16,65	3,7	16,63
\bar{V}	6,5	16,348	6,7	16,334	2,5	16,745	3,6	16,64	3,8	16,618
min.	5,6	16,4	5,7	16,4	2,0	16,8	2,3	16,8	3,6	16,6
max.	7,7	16,2	8,2	16,2	3,4	16,7	4,8	16,5	4,4	16,6
vozidlo ⁵¹	6		7		8		9			
měření	v1-v2	v2/10 +4	v1-v2	v2/10 +4	v1-v2	v2/10 +4	v1-v2	v2/10 +4		
1.	3,1	16,69	4,4	16,56	4,0	16,6	4,4	16,56		
2.	2,7	16,73	4,6	16,54	4,1	16,59	5,3	16,47		
3.	1,5	16,85	5,0	16,5	4,5	16,55	6,0	16,4		
4.	3,0	16,7	4,7	16,53	4,1	16,59	4,7	16,53		
5.	1,6	16,84	4,4	16,56	4,0	16,6	5,1	16,49		
6.	1,4	16,86	4,5	16,55	3,6	16,64	4,8	16,52		
7.	3,0	16,7	4,6	16,54	3,8	16,62	5,2	16,48		
8.	1,7	16,83	4,1	16,59	4,5	16,55	4,5	16,55		
9.	3,1	16,69	4,3	16,57	3,7	16,63	5,0	16,5		
10.	3,2	16,68	4,7	16,53	2,9	16,71	4,7	16,53		
\bar{V}	2,4	16,757	4,5	16,547	3,9	16,608	5,0	16,503		
min.	1,4	16,9	4,1	16,6	2,9	16,7	4,4	16,6		
max.	3,2	16,7	5,0	16,5	4,5	16,6	6,0	16,4		

⁵⁰ Hodnoty uvedené v tabulce jsou v km·h⁻¹

⁵¹ Čísla 1 až 9 představují jednotlivá vozidla dle následující poznámky:

1	Hyundai i30 1.6 CVVT(I)	4	Peugeot 207 1.4i 8V	7	Peugeot 207 1.4 HDi
2	Hyundai i30 1.6 CVVT(II)	5	Peugeot 307 SW 1.6 HDi	8	Citroën C4 1.6i 16V
3	Peugeot 307 1.6i 16V	6	Peugeot 807 2.0 HDi	9	Kia Venga 1.6 CVVT

Z vypočítaných hodnot (tab. 5.3.9.) sestojíme graf, který nám přehledně zobrazí kritické hodnoty a hodnoty skutečně naměřené. Z něj pak lze zřetelně vypožorovat, jaké jsou případné rezervy v naměřených respektive vypočítaných odchylkách (obr. 5.3.4).



Obr. 5.3.4: Hodnoty odchylek pro rychlost 130 km/h

5.4. Zhodnocení výsledných odchylek a doporučení

Z výsledných grafů (obr. 5.3.2, obr. 5.3.3 a obr. 5.3.4) nám vyplývá, že všechna měřená vozidla vyhověla z hlediska směrnice EHS (75/0443) a především vyhověla vztahu 1.2.1, který nám říká, že hodnoty odchylek rychlostí udávaných na číselníku rychloměru od skutečných rychlostí mohou při námi vyhodnocovaných rychlostech $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ nabývat hodnot $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a $17 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Z obrázku 5.3.4 je patrné, že při rychlosti $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ je dovolená hranice odchylky příliš benevolentní a dovoluje tak vpustit do provozu vozidla, u kterých při rychlosti indikované na ukazateli okamžité rychlosti $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ je skutečná rychlost až o $17 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ nižší.

Vzhledem k této skutečnosti bych doporučil přepracování vztahu 1.2.1. upravujícího rozdíl mezi rychlostí udávanou na číselníku rychloměru a rychlostí skutečnou. Navrhuji tedy provést úpravu do následující podoby:

$$0 \leq V_1 - V_2 \leq \frac{V_2}{20} + 5 \left[\text{km} \cdot \text{h}^{-1} \right] \quad (5.4)$$

kde: V_1 je rychlost udávanou na číselníku rychloměru [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$]
 V_2 je rychlost skutečná [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$]

Stále by zůstala zachována skutečnost, že indikovaná rychlost nesmí být nikdy nižší než skutečná rychlost. Navržená úprava by omezila maximální výši dovolené odchylky především ve vyšších rychlostech. S vyšší rychlostí by tak nebyla dovolená hranice odchylky natolik benevolentní jako ve vztahu 1.2.1, přesto by výrobcům automobilů poskytovala dostatečně velkou toleranci, ve které by se odchylka měla nacházet. Jaký by měla tato úprava vliv na změnu hodnot maximálních odchylek, nejlépe zachycuje tabulka 5.4.

Tab. 5.4: Vliv na výsledné hodnoty před a po úpravě vztahu 1.2.1.⁵²

$V_1 [\text{km} \cdot \text{h}^{-1}]$	$V_2/10 + 4 \text{ km/h} [\text{km} \cdot \text{h}^{-1}]$	$V_2/20 + 5 \text{ km/h} [\text{km} \cdot \text{h}^{-1}]$
30	7	6,5
40	8	7
50	9	7,5
60	10	8
70	11	8,5
80	12	9
90	13	9,5
100	14	10
110	15	10,5
120	16	11
130	17	11,5

Z hodnot uvedených v tabulce 5.4 je patrné, že i přes zpřísnění podmínek pro přesnost ukazatelů okamžité rychlosti by všechna námi měřená vozidla vyhověla po úpravě podmínky 1.2.1. A nově navržený vztah 5.4 by tak mohl nahradit vztah 1.2.1.

⁵² V_1 - rychlost udávanou na číselníku rychloměru [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$]; V_2 - rychlost skutečná [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$]

6. Závěry a doporučení

Na válcové výkonové zkušebně jsem provedl experimentální měření skutečné rychlosti devíti automobilů a statisticky vyhodnotil jeho přesnost. Výsledky měření jsem statisticky vyhodnotil, pomocí nejistoty typu A, nejistoty typu B a kombinované nejistoty pro rychlosti $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Dále byla sestavena metodika ověření skutečné rychlosti při stacionárním měření na válcové zkušební stanici funkcí a výkonu.

Z výsledků experimentálního měření vyplývá, že rychlost indikován na ukazateli okamžité rychlosti, nebyla nikdy nižší než rychlost skutečná. Zabýval jsem se platnou legislativou, která řeší jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska jejich vybavení rychloměrem (kapitola 1.2). Ze zjištěných poznatků jsem vyvodil závěr, že povolená hranice maximální odchylky je příliš benevolentní a na základě této skutečnosti jsem navrhl úpravu vztahu (1.2.1), který tyto hranice odchylek stanovuje. Navržená úprava (vztah 5.4) má za cíl zachovat nebo minimálně zpřísnit odchylku, ke které dochází při nižších rychlostech a naopak s rostoucí rychlostí zpřísnit povolenou hranici odchylky oproti původnímu stavu. Porovnání výsledků odchylek před a po úpravě vztahů upravujících maximální dovolenou odchylku je provedeno v tabulce 5.4. Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že všechna vozidla, která byla podrobena měření, by tuto podmínku pro udělení homologace bez problému splnila i po zpřísnění maximální povolené hranice odchylky vztahem (5.4).

Závěrem lze konstatovat, že cíle práce byly naplněny a výsledky získané experimentálním měřením vyhovují platné legislativě, která řeší jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska jejich vybavení rychloměrem. Doporučil bych zpřísnění legislativy z hlediska vztahů, které povolují maximální odchylku rychlosti indikované na ukazateli okamžité rychlosti oproti skutečné rychlosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

Návod k obsluze, *Válcová zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000*,
MAHA Consulting s.r.o., 1. vydání, 1996, 64s

VLK, F. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství
a zasilatelství vlk, 2001, 576 s., ISBN 80-238-6573-0.

ŠTĚRBA, P. *Elektrotechnika motorových vozidel*, Komputer Press, a.s., Brno 2008, 174s

LITSCHMANNOVÁ, M. *Úvod do statistiky*, VŠB-TU Ostrava, 2011, 331s

KOLEK, R. *Ověření dynamických a statických charakteristik automobilů*:
diplomová práce. Ostrava: VŠB – TUO Fakulta strojní, 2010, 103s., 3 přílohy

MAŤEJKA, R. *Vozidla silniční dopravy I*. Bratislava: Alfa Bratislava, 1990.
ISBN 80-05-00392-7

MAŤEJKA, R. *Vozidla silniční dopravy II*. Bratislava: Alfa Bratislava, 1990.
ISBN 80-05-00392-7

SVOBODA, J. *Teorie dopravních prostředků*, Praha: ČVUT Praha, 2000,
ISBN 80-01-01613-7

FAMFULÍK, J.: *Osobní sdělení*. VŠB – TU Ostrava [cit. 2011-04-25]

75/443/EHS. *SMĚRNICE RADY o sblížování právních předpisů členských států týkajících
se zpětného chodu a rychloměrného zařízení motorových vozidel*. 1975 * 97/39 ES

EHK/OSN. *PŘEDPIS č. 39 doplněk 5 - jednotná ustanovení pro homologaci vozidel
z hlediska jejich vybavení rychloměrem včetně jeho montáže*. 1996

INTERNETOVÉ ZDROJE INFORMACÍ K TÉMATU PRÁCE:

www.tuv-sud.cz

<http://cs.autolexicon.net/articles/tachometr>

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Tachometr>

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Bowden>

http://www.autoklub.cz/acr/autoskoly/skoleni_ridicu/pdf/mereni_rychlost.pdf

http://www.wikiskripta.eu/index.php/Gaussovo_rozd%C4%9Blen%C3%AD

<http://autnt.fme.vutbr.cz/lab/a1-731a/ETC.pdf>

SEZNAM PŘÍLOH:

Příloha A:

Protokoly z měření na válcové zkušební stanici funkcí a výkonu LPS 2000
(pouze v tištěné formě)

Příloha B:

Naměřené hodnoty, tabulky, grafy průběhů průměrných odchylek
- v programu Microsoft Excel (pouze na CD)

Příloha C:

Výpočty nejistot, tabulky a grafy odchylek
- v programu Microsoft Excel (pouze na CD)

Příloha D:

Evropská směrnice 75/443/EHS * poslední úprava 97/39/ES (pouze na CD)

Příloha E:

Předpis EHK/OSN č. 39
(zahrnuje veškerý platný text až po doplněk 5 k původní verzi předpisu – pouze na CD)